

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky**

**Analýza definovaných služeb v závislosti na vzdálenosti
účastníka a sítě**

**Analysis of Defined Services On Distance Between User And
Network**

Zadání bakalářské práce

Student:

Filip Metelka

Studijní program:

B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2601R013 Telekomunikační technika

Téma:

**Analýza definovaných služeb v závislosti na vzdálenosti účastníka a sítě.
Analysis Of Defined Services On Distance Between User And Network.**

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je zhodnotit a popsat změny parametrů definované služby technologie ADSL v závislosti na vzdálenosti účastníka od sítě. Součástí práce bude praktická realizace formou laboratorních měření. Práce má analytický charakter ve formě pozorování vlivu rozdílných vzdáleností na změnu parametrů pro sestavenou komunikaci v laboratorních podmínkách.

Osnova:

1. Přehled a základní vlastnosti technologie ADSL.
2. Popis definovaných rušení.
3. Realizace měření parametrů ADSL pro různé vzdálenosti.
4. Zpracování podrobné analýzy a protokolu z měření.

Seznam doporučené odborné literatury:

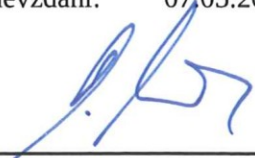
GOLDEN, Philip, DEDIEU, Hervé, JACOBSEN, Krista S. *Fundamentals Of DSL Technology*. New York>Auerbach Publication, 2006. ISBN 0-8493-1913-7

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Přemysl Mer, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2014


doc. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 2. května 2014



.....
podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Přemyslu Merovi, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se věnuje přehlednému zpracování informací ohledně technologií xDSL, s důrazem především na technologii ADSL. V teoretické části jsou dále popsány a rozebrány negativní vlivy, které působí na vedení těchto přípojek. Hlavní částí práce je laboratorní měření vlivu vzdálenosti na jednotlivé parametry ADSL. Konkrétní trasy s přenosovými rychlostmi byly vybrány z aktuální nabídky českých mobilních operátorů. Celkem 5 vybraných tras, nastavených na technologii ADSL2+, bylo změřeno za pomoci simulátoru vedení do jejich maximálních možných vzdáleností. Naměřené výsledky jsou graficky zpracovány a vyhodnoceny. Z grafických zobrazení lze poznat, jak se konkrétní trasy v určitých vzdálenostech chovají a jak to pocítí koncový účastník. Příloha bakalářské práce obsahuje zpracovaný laboratorní protokol včetně návodu na jeho změření.

Klíčová slova

xDSL; ADSL; Annex B; DSLAM; vliv vzdálenosti; upload; download; útlum vedení; subkanály

Abstract

The bachelor's thesis is devoted to processing-arranged information on xDSL technology, with emphasis on ADSL technology. In the theoretical part are described and discussed the negative influences that affect the management of these connections. The main part is a laboratory measurement of the influence of distance on single parameters ADSL. Specific routes with transfer speeds were selected from the current Czech mobile operators. Total 5 selected routes set to ADSL2+, were measured with the help of a simulator lead to their maximum possible distance. The measured results are graphically presented and evaluated. The graphical views can be identified, how to behave specific routes in certain distances and how it will feel the end-user. The Annex of the bachelor's thesis contains processed laboratory protocol including instructions on how to measure it.

Key words

xDSL; ADSL; Annex B; DSLAM; the influence of distance; upload; download; line attenuation; subchannels

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
A	dB	Výsledný útlum
C	F/km	Měrná kapacita
f	Hz	Frekvence
G	S/km	Měrný obvod
l	Km	Délka vedení
L	H/km	Měrná indukčnost
R	Ω /km	Měrný odpor
R_0	Ω	Odpor
Z_c	Ω	Impedance
α	dB/km	Měrný útlum
γ	-	Měrná míra přenosu
ω	rad/s	Úhlová frekvence

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Anglický význam	Český význam
2B1Q	2-binary, 1-quaternary	2-binární, 1-kvartenární
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	Asymetrická digitální účastnická linka
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Asynchronní přenosový mód
BER	Bit Error Ratio	Chybovost
CAP	Carrierless Amplitude Phase	Amplitudově fázová modulace
CVoDSL	Channelized Voice Over DSL	Kanálové hlasové služby digitální účastnické linky
DMT	Discrete Multi Tone	Diskrétní vícetónová modulace
DSL	Digital Subscriber Line	Digitální účastnická linka
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer	Přístupový koncentrátor pro digitální uživatelské linky
DWMT	Discrete wavelet Multi-tone transmission	Diskrétní vlnová vícetónová modulace
EC	Echo Cancellation	Potlačení ozvěny
FDD	Frequency Division Duplex	Frekvenčně dělený duplex
FDM	Frequency Division Multiplex	Frekvenčně dělený multiplex
HDSL	High-bit-rate Digital Subscriber Line	Vysokorychlostní digitální účastnická linka
IDSL	Integrated Digital Subscriber Line	Integrovaná digitální účastnická linka
IPTV	Internet Protocol Television	Televize přes internetový protokol
ISDN	Integrated Services Digital Network	Digitální síť integrovaných služeb
ITU-T	International Telecommunication Union	Mezinárodní telekomunikační unie
ONU	Optical Network Unit	Optická síťová jednotka
POTS	Plain Old Telephone Service	Základní telefonní služba
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Kvadrurní amplitudová modulace
SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line	Symetrická digitální účastnická linka
SHDSL	Single-pair High-bit-rate Digital Subscriber Line	1-párová symetrická digitální účastnická linka
TC-PAM	Trellis Coded-Pulse Amplitude Modulation	Pulsně amplitudová modulace s Trellis kódováním

TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet protocol	Primární přenosový protokol/protokol síťové vrstvy
TDM	Time Division Mutiplex	Časově dělený multiplex
VDSL	Very-high-speed Digital Subscriber Line	Vysokorychlostní digitální účastnická linka

Obsah

Úvod.....	- 1 -
1 Přehled technologií xDSL	- 2 -
1.1 IDSL	- 3 -
1.2 HDSL	- 3 -
1.3 SDSL	- 4 -
1.4 VDSL	- 5 -
1.5 ADSL	- 6 -
1.5.1 Přenosové kanály.....	- 7 -
1.5.2 Modulace	- 8 -
1.5.3 Rozdělení ADSL podle standardu	- 9 -
1.5.4 ADSL 2. generace	- 11 -
1.5.5 Nabídka připojení ADSL na českém trhu	- 12 -
2 Přehled rušivých vlivů na vedení xDSL systémů.....	- 13 -
2.1 Vnitřní rušivé vlivy	- 13 -
2.1.1 Aditivní bílý šum.....	- 13 -
2.1.2 Přeslech typu NEXT a FEXT	- 14 -
2.2 Vnější rušivé vlivy	- 14 -
2.2.1 Rádiové rušení	- 14 -
2.2.2 Impulsní rušení	- 15 -
2.3 Rušivé vlivy ovlivňující útlum.....	- 15 -
2.3.1 Vliv primárních parametrů	- 15 -
2.3.2 Vliv fyzikálních jevů	- 16 -
3 Měření ADSL parametrů.....	- 18 -
3.1 Informace o měření	- 21 -
3.2 Vyhodnocení naměřených výsledků	- 22 -
3.2.1 Přenosové rychlosti – Upload, Download	- 22 -
3.2.2 Útlum vedení	- 26 -
3.2.3 Přenášení bitů v subkanálech.....	- 27 -
3.3 Závěrečné shrnutí	- 30 -

4	Návod na realizaci laboratorního měření	- 32 -
	Závěr	- 34 -
	Použitá literatura	- 35 -
	Seznam příloh.....	- 37 -

Úvod

Cílem této bakalářské práce je podrobné popsání jedné z nejpoužívanějších technologií pro přístup na internet, přípojky ADSL. Po přečtení práce by měl i člověk minimálně se orientující v této oblasti, mít přehled jak daná služba funguje, jaké existují jiné alternativy a z jakých nabídek připojení ADSL internetu si v České republice může vybrat. Stručně popsány jsou také vlivy působící právě na vedení těchto služeb. Zájemce o připojení ADSL internetu by měl také vědět, že nabízené přenosové rychlosti jsou maximální, ne garantované a ne každý jich docílí. Vzdálenost je důležitým faktorem mající velký vliv na kvalitu přenášené služby, důležitá tedy je právě vzdálenost místa bydliště od ústředny provozovatele. Ze zpracovaného vyhodnocení v této práci si už každý udělá představu, jakých přenosových rychlostí by mohl docílit a v jakém rozmezí by se pohyboval.

1 Přehled technologií xDSL

Technologie nazývaná jako DSL – digitální účastnická linka pramení z anglického názvu Digital Subscriber Line. Tato technologie využívá existujících symetrických párů vedení, které byly nejprve určeny pouze pro přenos analogových telefonních signálů. Do rodiny systémů xDSL patří: DSL (Digital Subscriber Line), IDSL (Integrated Digital Subscriber Line), HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line), SDSL (Symmetrical Digital Subscriber Line), SHDSL (Single-pair High-bit-rate Digital Subscriber Line), ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line) a VDSL (Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line).

Jak už z názvů některých typů DSL vyplývá, technologie se vyznačují buďto symetrií nebo asymetrií přenosové rychlosti. U symetrických systémů dosahuje přenosová rychlost ve směru uploadu i downloadu stejných hodnot. Asymetrické DSL mají rozdělenou přenosovou kapacitu tak, že ve směru síť – účastník, tedy download, poskytují větší přenosovou kapacitu než v opačném směru. Dosah těchto systémů se pohybuje v rozmezí od stovek metrů do jednotek kilometrů, s přenosovou rychlostí začínající na stovkách kbit/s a končící řádově u desítek Mbit/s [3].

Tabulka 1.1: Přehled přípojek xDSL

Označení	Doporučení ITU-T	Upload [Mbit/s]	Download [Mbit/s]	Linkový kód/modulace	Metoda duplexního přenosu	Orientační dosah [km]
IDSL	-	0,128	0,128	2B1Q	EC	7
HDSL	G.991.1	2	2	2B1Q	EC	3
SDSL	-	až 2,3	až 2,3	2B1Q	EC	2 až 5
SHDSL	G.991.2	až 2,3	až 2,3	16-PAM	EC	2 až 7
ADSL	G.991.1	až 1	až 8	DMT	EC, FDD	2 až 5
VDSL asymet.	G.991.1	až 6,4	až 52	DMT QAM	FDD	0,3 až 1,5
VDSL symet	G.991.1	až 26	až 26	DMT QAM	FDD	0,3 až 1,5

1.1 IDSL

Technologie IDSL vychází z ISDN (Integrated Services Digital Network) a je nejstarší technologií z rodiny xDSL. Technologie nabízí $2 \times 64 \text{ kbit/s} + 16 \text{ kbit/s}$ – celkem 144 kbit/s přenosové rychlosti, která je pevně dána a není možné ji nijak změnit. Tato technologie umožňuje přenos symetrického toku po běžném vedení do délky až 12 km. Stejně jako ISDN i IDSL používá pro přenos v základním pásmu linkový kód 2B1Q (2-binary, 1-quarternary) a pro oddělení přenosových kanálů metodu EC (Echo Cancellation). V současné době není tato technologie příliš rozšířená a to především z toho důvodu, že ostatní technologie z rodiny xDSL nabízí k využití výrazně lepší parametry.

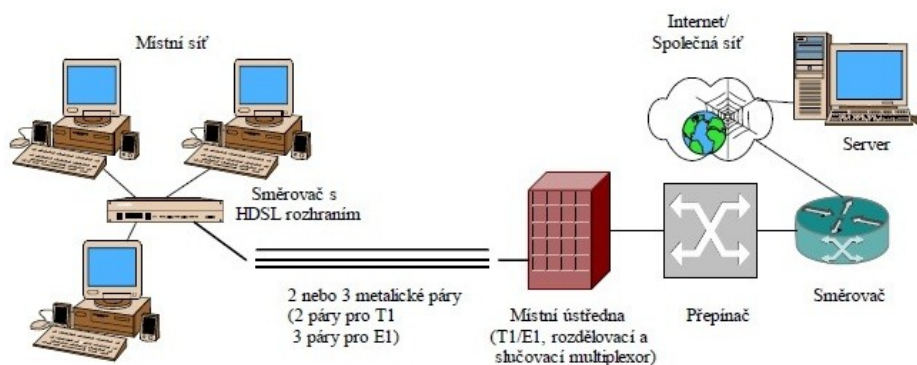
1.2 HDSL

HDSL se vyznačuje symetrickou přenosovou rychlostí. Nabízená přenosová rychlost pro oba směry přenosu je stejná a dosahuje 2048 kbit/s do maximální vzdálenosti až 4 km. Maximální dosah je možné navýšit za použití opakovaců, délka vedení pak může narůst až na 20 km. HDSL využívá pro přenos po metalickém vedení jeden ze dvou způsobů, přenos po dvou nebo přenos po třech symetrických párech.

Tabulka 1.2: *Porovnání HDSL na 2 a 3 párech vedení*

Počet vedení (párů)	Celková rychlost [kbit/s]	Rychlost na pár [kbit/s]	Služební kanál
2	2304	1168	16
3	2304	784	16

Při použití dvoupárového vedení se přenosová rychlost rozdělí mezi jednotlivé páry. Na každém páru pak dosahuje rychlosti 1168 kbit/s , za použití tří párového vedení pak 784 kbit/s . Pro oddělení přenosových kanálů využívá HDSL metodu potlačení ozvěn EC a přenášený signál je kódován za pomoci linkového kódu 2B1Q. V praktickém provozu se HDSL využívá již delší dobu a uplatnění nachází hlavně u operátorů při propojování telefonních ústředěn. Nevýhodou je bezesporu nutnost použití dvou nebo tří metalických párů vedení, v tomhle směru přinesla vylepšení až další verze s označením HDSL2.

Obrázek 1.1: *Architektura HDSL*

HDSL2

HDSL2 je vylepšenou verzí technologie HDSL. Hlavním přínosem je zde využití pouze jednoho páru vodičů oproti dvou až třem v základním HDSL. Symetrické přenosové rychlosti zůstali shodné, avšak oproti 2B1Q kódování používá TC-PAM (Trellis Coded-Pulse Amplitude Modulation) [8].

1.3 SDSL

Technologie SDSL je přímým následovníkem HDSL, oproti svému předchůdci nabízí možnost pracovat i s přenosovou rychlostí menší než je maximální. Maximální přenosovou rychlost je možné nastavit ručně podle konkrétních požadavků zákazníka. Její nastavení lze provést také automaticky v závislosti na vlastnostech přenosového vedení při sestavování spojení. Přenosová rychlost se pohybuje v rozmezí od 192 kbit/s do 2312 kbit/s, do maximální vzdálenosti 6 km. Technologie SDSL využívá metodu časově dělených kanálů TDM (Time Division Multiplex), TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet protocol) ale i provoz ATM (Asynchronous Transfer Mode), takže lze ve výsledku např. přenášet úzkopásmové kanály TDM spolu s datovým kanálem ATM. S využitím technologie SDSL v praxi je problém s nekompatibilitou většiny systémů, které si každý z výrobců hardwaru vyvíjí sám [9].

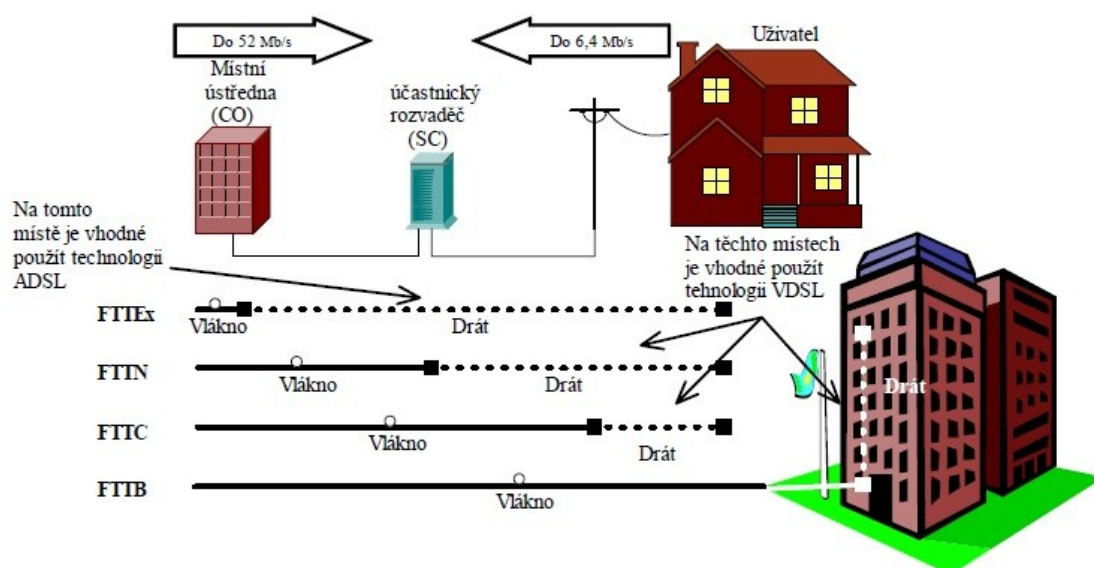
SHDSL

Technologie SHDSL vznikla s cílem spojit výhody technologií HDSL a SDSL. Duplexní přenos je realizován po jednopárovém symetrickém vedení a využívá šestnáctistavovou pulsně amplitudovou modulaci s Trellis kódováním (16-TCPAM). Symetrická přenosová rychlost na účastnickém rozhraní se pohybuje v rozmezí od 192 kbit/s do 2312 kbit/s. Dle doporučení ITU-T 991.2 (International Telecommunication Union) se uvádí i varianta s přenosem po dvou párech vedení. V takovém případě mohou být přenosové rychlosti až dvojnásobné, tedy od 384 kbit/s do 4624 kbit/s [10].

1.4 VDSL

VDSL je nejnovější a také nejrychlejší varianta z xDSL rodiny. Tato technologie nabízí symetrický i asymetrický způsob přenosu dat. Při symetrickém režimu dosahuje přenosová rychlost v obou směrech až 26 Mbit/s, ovšem pouze do vzdálenosti pohybující se okolo 300 m. S narůstající vzdáleností, stejně jako i u ostatních přípojek xDSL, přenosová rychlost klesá. Při vzdálenosti 4 km dosahuje VDSL svého minima 2 Mbit/s. U asymetrického režimu nabízí VDSL ve směru od poskytovatele k účastníkovi až 52 Mbit/s, tohle maximum si udržuje stejně jako u symetrického režimu pouze do vzdálenosti okolo 300m. V opačném směru, tedy od účastníka k poskytovateli, je to až 6,4 Mbit/s.

Architektura VDSL počítá s optickou síťovou jednotkou (ONU – Optical Network Unit) zakončenou poblíž uživatele. Pro přivedení signálu do každého domu se využívá metalického vedení, které vychází z ONU. Architektura VDSL může obsahovat různé přístupové možnosti, které se od sebe liší hlavně v poloze ONU. Metalické vedení se využívá v poslední krátké vzdálenosti pro poskytnutí rychlého širokopásmového přenosu, tento úsek zakončení se značí obecnou zkratkou FTTx.



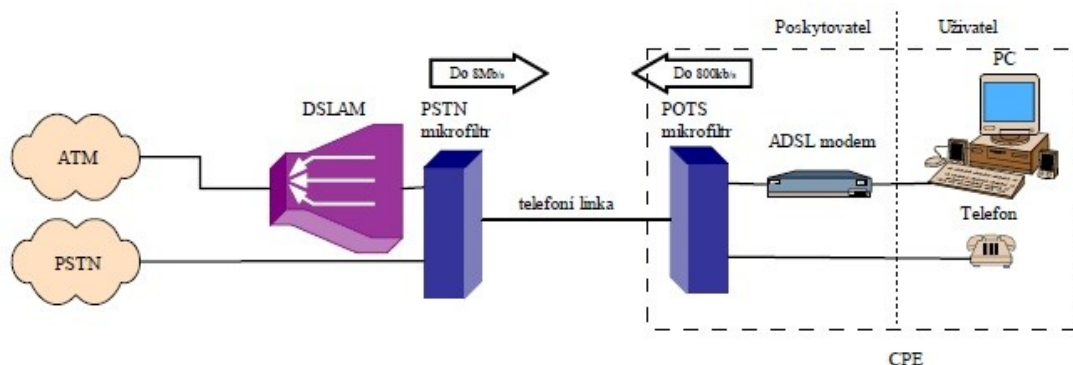
Obrázek 1.2: *Architektura VDSL*

- FTTE (Fibre To The Exchange) – Optické vlákno končí v ústředně
- FTN (Fibre To The Network) – Optické vlákno končí v rozvaděči na sídlišti
- FTTC (Fibre To The Curb) – Optické vlákno končí v rozvaděči blízko účastníka
- FTTB (Fibre To The Building) - Optické vlákno končí u budovy účastníka

Pro oddělení směrů přenosu využívá VDSL metodu frekvenčního dělení FDM (Frequency Division Multiplex). Stejně jako u ADSL je přenos dat realizován po jednom páru vodičů a modulován modulací DMT (Discrete Multi Tone), CAP (Carrierless Amplitude Phase) nebo novější modulací DWMT (Discrete wavelet Multi-tone transmission). Technologie VDSL se díky svému limitovanému dosahu využívá zejména v lokálních LAN sítích a hybridních sítích FTTC a FTTB, kde nalezne uplatnění jako úsek zakončení k uživateli od optické sítě [11].

1.5 ADSL

Technologie ADSL je nesouměrná digitální účastnická linka, která byla vyvinuta počátkem 90. let minulého století v USA. Tento mezinárodní standard nese podle ITU-T označení G.992.1. Původně byla určena pro přenos videa na požádání VoD (video on demand). V dnešní době však nachází mnohem větší uplatnění v přístupu na internet a s ním spojenými službami. Stejně jako ostatní systémy xDSL i ADSL přípojky využívají k digitálnímu přenosu již existujících metalických symetrických párů, které jsou instalované v přístupové síti. Maximální délka jediného metalického páru může být v závislosti na provedení až 5,5 km. Jak už název napovídá, ADSL se vyznačuje asymetrií přenosových rychlostí. Nejvyšší přenosové rychlosti se dosahuje ve směru k účastníkovi (download), kde se signály přenášejí rychlostí do 8 Mbit/s. Ve směru od účastníka (upload) se dosahuje přenosové rychlosti až 1 Mbit/s [4].

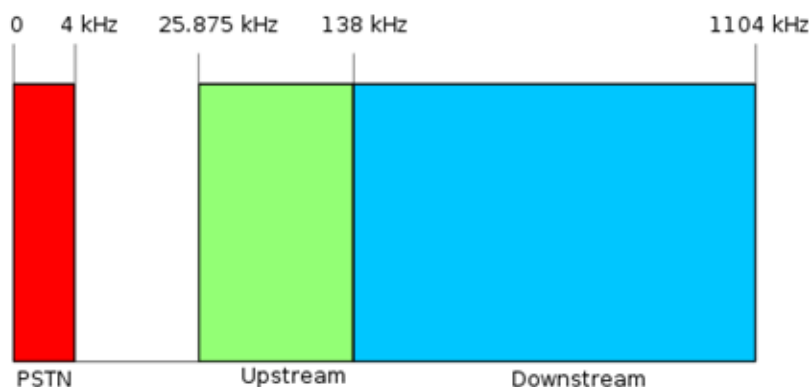


Obrázek 1.3: *Architektura ADSL*

ADSL díky kmitočtovému oddělení umožňuje souběžně s vysokofrekvenčním digitálním přenosem uskutečňovat na tomtéž vedení původní analogovou službu POTS (Plain Old Telephone Service). Pro oddělení je nutné koncové zařízení (ADSL modem) nainstalovat na obou stranách účastnického vedení přes rozbočovače (splitter), které jsou realizovány jako dolní a horní pásmová propust. Tyto rozbočovače následně rozdělí přenášené pásmo v obou směrech na pásmo telefonního kanálu a pásmo pro přenos digitálního signálu. Na straně ústředny je modem nejčastěji součástí účastnického koncentrátoru DSLAM (Digital Subscriber

Line Access Multiplexer), tedy zařízení, které soustřeďuje data od všech uživatelů v dané lokalitě.

Frekvenční pásmo u technologie ADSL pracuje od 0 do 1,104 MHz a je rozděleno do 256 subkanálů. Jednotlivé subkanály, číslované 0 až 255, mají šířku 4,3125 kHz [1].



Obrázek 1.4: Frekvenční pásmo ADSL

1.5.1 Přenosové kanály

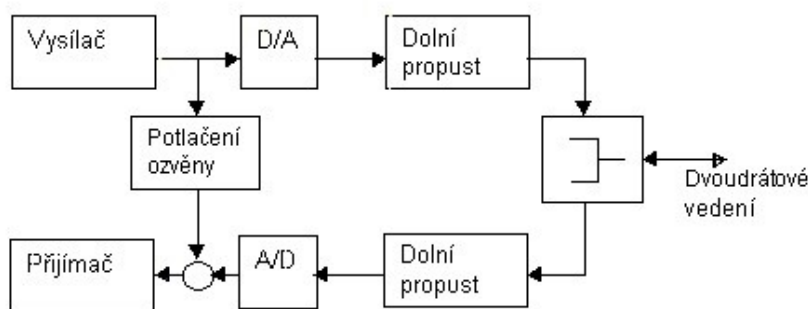
Pro přenos datových toků v obou směrech po jednom dvoudrátovém vedení využívá systém ADSL jeden ze dvou způsobů. Metodu frekvenčního dělení FDD (Frequency Division Duplex) s vyhrazenými pásmy s dělicím kmitočtem 138 kHz, nebo metodu, která umožňuje překrývání pásem ve směru k účastníkovi tzv. EC [1].

FDD – Frequency Division Duplex

Metoda FDD přiděluje všem kanálům vlastní frekvenční pásmo. Při současném provozu s POTS se v praxi pro upload využívá frekvenční pásmo 34,5 – 138 kHz a pro download pak pásmo 142 – 1000 kHz. Výhodou této metody je jednoduchá implementace do systému a v porovnání s EC je metoda FDD daleko méně nákladná. Naopak nevýhodou této metody je méně dokonalé využívání kmitočtového spektra [7].

EC – Echo Cancellation

Ozvěna tvoří rušivou část analogového signálu a vzniká při přenosu mezi dvěma přenosovými kanály. Při použití této metody tak omezíme rušení, které mezi těmito kanály vzniká. Potlačení ozvěny přenáší problémy filtrování vzniklé v analogové oblasti do digitální. Tento problém způsobuje zejména telekomunikační vidlice. Nežádoucí signály, které pronikají vlivem nevyvážené vidlice vysílací částí do přijímacích obvodů, odstraňuje kompenzátor ozvěn [6].

Obrázek 1.5: *Princip potlačení ozvěny EC*

1.5.2 Modulace

U ADSL přípojek se využívá jedna z těchto tří modulací: QAM (Quadrature Amplitude Modulation), CAP nebo DMT. Druh modulace se odvíjí především od výrobce ADSL zařízení, avšak podle doporučení ITU-T G.992.1 je standardizována vícestavová modulace DMT. Zařízení, využívající modulaci QAM/CAP nebo DMT, jsou mezi sebou navzájem kompatibilní.

QAM modulace

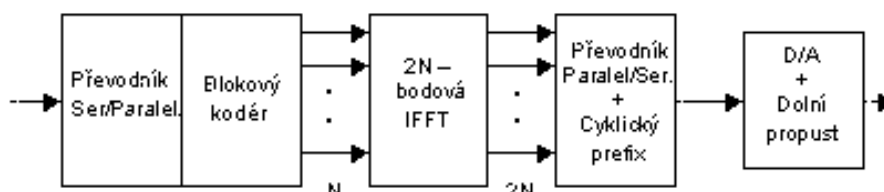
Kvadrurní amplitudová modulace QAM se ve velké míře běžně používá v modemech, které pracují v hovorovém pásmu a v mikrovlnných rádiových systémech. Přijímaná data nejprve rozdělují do dvou toků, které mají poloviční přenosovou rychlost, a poté modulují dvojici ortogonálně vzájemně posunutých nosných. Demulaci většinou zajišťuje dvojice Hilbertových filtrů.

CAP modulace

Amplitudová fázová modulace využívá stejné přenosové schéma jako modulace QAM, se kterou je také kompatibilní. Modulaci zajišťuje dvojice Hilbertových filtrů, jejichž amplitudová odezva je stejná jako u modulace QAM, avšak fázová odezva je posunuta o 90° .

DMT modulace

Základní rozdíl mezi DMT modulací a QAM/CAP modulací je ten, že zatímco QAM/CAP modulace využívají pro celé přenášené pásmo pouze jeden nosný kmitočet, modulace DMT využívá nosných kmitočetů více. DMT modulace také někdy nazývá jako Multicarrier Modulation, tzv. Modulace s více nosnými kmitočty.



Obrázek 1.6: DMT modulace – blokové schéma

Z obrázku (obrázek 1.6) můžeme vyčíst, jak v DMT modulaci probíhá proces přenosu dat. Příchozí sériová data vstupují do prvního bloku, kde jsou převáděna na paralelní a následně blokovým kóděrem seskupována do bloků. Písmeno N mezi bloky pak znamená délku bloku v bajtech a rovná se délce symbolu. Bity jsou v bloku rozdělovány na sub-bloky a jejich přenos dále probíhá v sub-kanálech. Počet přenášených bitů v bloku není pevně dán, je určen během inicializace spojení a záleží na dalších vlastnostech: vlastnosti dvoudrátového vedení, na velikosti datového toku, hodně BER (Bit Error Ratio) a vysílaného výkonu. Dále pak v každém kanále probíhá QAM modulace, při které se vytváří určité uspořádání pro kanál. V následujícím bloku se paralelní data díky převodníku převedou na sériový tok a přidá se tzv. Cyklický prefix. Funkce CP spočívá ve vytvoření oddělovačů mezi jednotlivými symboly, mezi kterými dále snižuje interferenci. Cyklický prefix se také stará o zabezpečení synchronizace. Pomocí $2N$ -bodové rychlé Fourierovy transformace (FFT) je dále v přijímači demodulováno $2N$ reálných hodnot. Transformace také zajišťuje přetransformování signálu z časové do frekvenční oblasti. Přijímače DMT systémů ještě vyžadují ekvalizaci signálu, a to jak v časové (TEQ), tak i ve frekvenční oblasti (FEQ). Analogové a digitální převodníky v posledním bloku musí mít kromě vysoké přesnosti i velký dynamický rozsah [7].

1.5.3 Rozdělení ADSL podle standardu

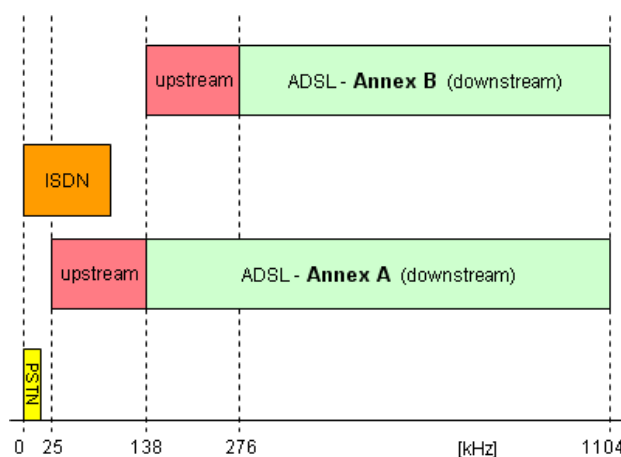
U standardu ITU G.992.1 se můžeme setkat s variantami DSLAMu Annex A a Annex B. Dříve se instalovaly ADSL přípojky podle Annexu A, pokud měl zákazník pouze obyčejnou analogovou linku, podle Annexu B pak v případě, že měl zákazník ISDN. V dnešní době se však setkáme v naprosté většině případů s variantou Annexu B. ADSL podle Annexu B může mít v porovnání s Annexem A nepatrně horší vlastnosti důsledkem svého menšího rozsahu přenosového pásma. Následující tabulka 1.3 zobrazuje rozdělení ADSL dle dostupných standardů.

Tabulka 1.3: *Standardy ADSL*

Standard	Běžný název	Upload [Mbit/s]	Download [Mbit/s]
ANSI T1.413-1998 Issue 2	ADSL	1	8
ITU G.992.1	ADSL (G.DMT)	1	8
ITU G.992.1 Annex A	ADSL over POTS	1	8
ITU G.992.1 Annex B	ADSL over ISDN	1	8
ITU G.992.2	ADSL Lite (G.Lite)	0,5	1,5
ITU G.992.3/4	ADSL2	1	12
ITU G.992.3/4 Annex J	ADSL2	3,5	12
ITU G.992.3/4 Annex L	RE-ADSL2	0,8	5
ITU G.992.5	ADSL2+	1	24
ITU G.992.5 Annex L	RE-ADSL2+	1	24
ITU G.992.5 Annex M	ADSL2+	3,5	28

Annex A využívá pro potřeby hlasu klasickou analogovou telefonní linku POTS, resp. PSTN, zbylé frekvenční pásmo je pak celé k dispozici ADSL, v tomto případě od 25 kHz do 1104 kHz.

Annex B již nepočítá s analogovou telefonní linkou, ale s linkou ISDN, která pro své fungování vyžaduje větší frekvenční rozsah, a tak se ADSL musí posunout. Upload potom začíná na 138 kHz a download na 276 kHz. Rozsah již končí stejně jako v případě Annexu A [12].

Obrázek 1.7: *Využití přenosového pásma u Annex A a Annex B*

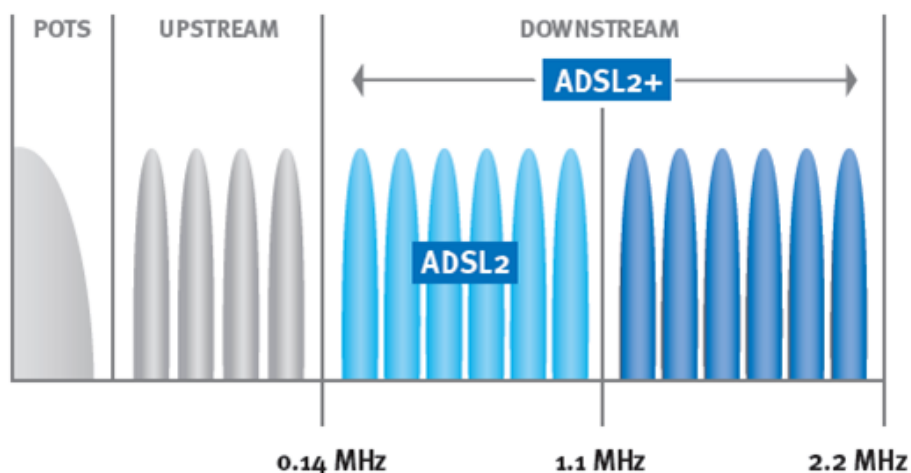
1.5.4 ADSL 2. generace

ADSL2 je mezinárodní standard, který byl vytvořen vedle původního standardu ADSL mezinárodní telekomunikační unií ITU-T s označením G.992.3. Tato druhá generace je plně kompatibilní s generací první a uživatel může používat ADSL2 modem ještě před tím, než k němu vůbec poskytovatel připojení přejde.

Hlavním vylepšením oproti základní přípojce ADSL je kromě navýšení přenosové rychlosti v sestupném směru také překlenutí delší vzdálenosti. Přenosová rychlost od poskytovatele k účastníkovi není omezena 8 Mbit/s jako tomu je u základní verze ADSL. Maximální rychlost dosahuje hodnoty až 12 Mbit/s ve směru downloadu a v opačném směru 2 Mbit/s. Standard ADSL2 navíc přinesl zcela novou metodu přenosu telefonního signálu. Vedle analogového přenosu v základním pásmu a vedle přenosu digitalizovaného telefonního signálu přibyla technika CVoDSL (Channelized Voice over DSL), kde se digitalizovaně přenáší telefonní signál v subnakálech, které jsou určeny pro hovorovou komunikaci zcela oddělených od datových signálů ADSL.

ADSL2+

Tato verze ADSL nabízí nejvyšší přenosové rychlosti ze všech dostupných variant ADSL díky rozšířenému frekvenčnímu pásmu. ADSL2+ využívá frekvenční pásmo s horním kmitočtem 2,208 MHz, kvůli kterému dosahuje přenosová rychlost až 24 Mbit/s ve směru od poskytovatele k účastníkovi. U většiny domácností představuje optimální dosažená rychlost 6 – 16 Mbit/s [2].



Obrázek 1.8: Frekvenční pásmou ADSL2+

1.5.5 Nabídka připojení ADSL na českém trhu

Připojení domácnosti k ADSL internetu bylo vybráno a srovnáno podle nabídky tří největších operátorů v ČR. V tabulkách 1.4 – 1.6 se tak nachází nabídky od operátora Telefonica O₂, Vodafone a T-mobile.

Všichni tři operátoři nabízí internet ADSL i v tzv. výhodných balíčcích, kdy se cena internetu odvíjí podle toho, jestli se využívá u operátora i některý z mobilních tarifů. Níže uvedené srovnání nabídek zahrnuje obě varianty, tedy připojení bez mobilního tarifu i s již existujícím tarifem. Níže vypsane nabídky pocházejí z března 2014.

Tabulka 1.4: *Nabídka připojení operátora Telefonica O2*

Rychlost [kbit/s] Download/Upload	Cena/měsíc bez mobilního tarifu	Cena/měsíc s mobilním tarifem	Technologie	Smlouva
2048/512	353 Kč	-	ADSL2+	12 měsíců
8192/2048	505 Kč	405 Kč	ADSL2+	12 měsíců
16384/2048	606 Kč	506 Kč	ADSL2+	12 měsíců

Tabulka 1.5: *Nabídka připojení operátora T-mobile*

Rychlost [kbit/s] Download/Upload	Cena/měsíc bez mobilního tarifu	Cena/měsíc s mobilním tarifem	Technologie	Smlouva
8192/2048	705 Kč	405 Kč	ADSL2+	24 měsíců
16384/2048	799 Kč	499 Kč	ADSL2+	24 měsíců

Tabulka 1.6: *Nabídka připojení operátora Vodafone*

Rychlost [kbit/s] Download/Upload	Cena/měsíc bez mobilního tarifu	Cena/měsíc s mobilním tarifem	Technologie	Smlouva
8192/2048	665 Kč	399 Kč	ADSL2+	24 měsíců
16384/2048	887 Kč	532 Kč	ADSL2+	24 měsíců

2 Přehled rušivých vlivů na vedení xDSL systémů

Vlastnosti metalických vodičů nejsou zdaleka jedinými rušivými vlivy, které na přenos informačních signálů působí. Zdrojů rušení, které negativně působí na přenosovou kapacitu, existuje celá řada. Tyto zdroje pak celkově snižují informační propustnost symetrických vodičů. Rušivé vlivy se mohou rozdělit na vnitřní a vnější. Mezi vnější vlivy patří impulsní šum a vysokofrekvenční rušení, mezi vnitřní pak například bílý šum nebo přeslechy typu NEXT a FEXT.

V poslední řadě jsou tu jevy ovlivňující útlum vedení, který má bezesporu největší rozhodující podíl na dosaženou přenosovou kapacitu.

2.1 Vnitřní rušivé vlivy

2.1.1 Aditivní bílý šum

Aditivní bílý Gaussův šum je speciální druh šumu, který má ploché spektrum a nulovou střední hodnotu. Přičítá se při přenosu k užitečnému signálu a tvoří ho několik složek:

- Tepelný a výstřelový šum
- Kvantizační šum
- Zbytkový odrazový šum

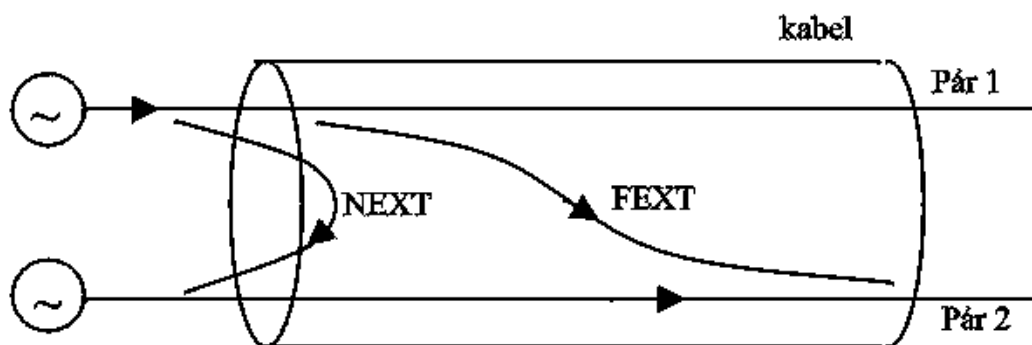
U tepelného šumu je zdrojem neuspořádaný pohyb elektronů ve vodiči, jejichž intenzita pohybu závisí na teplotě. Teplota je pak tomuto šumu přímo úměrná. Výstřelový šum vzniká při pohybu elektronů v polovodiči typu N, děr v polovodiči typu P a pohybujícími se elektrickými náboji. Za použití speciálních přijímačů s nízkošumovými vodiči může být tepelný i výstřelový šum zcela omezen.

Kvantizační šum je způsoben nedokonalostí digitálních systému. Vzniká při převodu analogového signálu na digitální za pomoci A/D převodníků. Složitost návrhu těchto převodníků je pak přímo úměrná jejich přesnosti a hodnotě zkreslení.

Zbytkový odrazový šum vzniká a zůstává v signálu po echo kompenzaci, která je provedena ještě před kvantizací signálu. Amplitudy odrazů by tak mohly způsobit zkreslení, protože mohou být vyšší než přijímaný signál. Dostatečně přesnými A/D převodníky tento šum zcela omezíme [13].

2.1.2 Přeslech typu NEXT a FEXT

Jedním z nejvýznamnějších zdrojů rušení jsou přeslechy vznikající ve vícežilových kabelech, ve kterých je nasazeno několik navzájem se ovlivňujících přenosových systémů. Vznikající přeslechové spektrum je vážným zdrojem rušení, které omezuje datovou přenosovou kapacitu. Přeslechy rozeznáváme podle toho, na jakém místě se projevují.



Obrázek 2.1: Přeslech typu NEXT a FEXT

Přeslech typu NEXT je také nazýván přeslechem na blízkém konci. Vzniká při přenosu signálu z vysílače na ostatní páry ve stejném kabelu na jedné společné straně ADSL zařízení. Přeslech typu NEXT bývá hlavním faktorem limitující dosah digitálních přenosových systémů. Vzhledem k tomu, že má signál velký výkon, je přeslech velmi výrazným zdrojem rušení.

Přeslech typu FEXT působí na zařízení, které se nachází na vzdáleném konci. V porovnání s přeslechem typu NEXT nejsou jeho účinky tak negativní, protože je intenzita tohoto přeslechu snížena útlumem vedení.

2.2 Vnější rušivé vlivy

2.2.1 Rádiové rušení

Vysokofrekvenční rušení (Radio Frequency Interference) v podstatě ovlivňuje všechny páry vodičů v kabelu v celém frekvenčním pásmu. Zdrojem tohoto rušení jsou rádiové vysílače pracující na středních a dlouhých vlnách. Tento zdroj rušení pak postihuje zejména kabely, které nejsou opatřeny stíněním.

Rušení RFI je charakteristické svými časovými změnami a může být v každém páru jiné. Intenzita působení je pak přímo úměrná blízkosti zářiče. Vysokofrekvenční rušení postihuje zejména systémy VDSL, které dosahují vysokých přenosových rychlostí díky širokému frekvenčnímu pásmu.

2.2.2 Impulsní rušení

Impulsní rušení je dalším druhem rušení, které může ovlivňovat kvalitu přenášeného signálu. Jde o druh rušení, u něhož nelze předpovídat jeho charakter. Popsat jej lze za pomoci intenzity impulsů, spektrálního rozložení nebo doby jeho trvání a četnosti.

Impulsní rušení vzniká v blízkosti zdroje generující krátké přechodové jevy, například u telefonní sítě, elektrických přepínacích jednotek a spotřebičů v síti. Potlačení impulsního rušení docílíme použitím funkčních bloků, používající principy prokládání dat nebo samoopravných kódů [3].

2.3 Rušivé vlivy ovlivňující útlum

Útlum je jedním ze základních parametrů symetrického vedení, který má největší vliv na přenosové rychlosti xDSL systémů a dosažitelné vzdálenosti. Útlum můžeme ovlivnit při počáteční konstrukci nových kabelů, právě díky optimalizaci primárních parametrů.

2.3.1 Vliv primárních parametrů

Výsledný útlum vedení je dán vztahem:

$$A = \alpha \cdot l \quad (2.1)$$

A ... Výsledný útlum [dB]

α ... Měrný útlum [dB/km]

l ... Délka vedení [km]

Měrný útlum symetrického kabelového vedení:

$$\alpha = \operatorname{Re}\{\gamma\} = \operatorname{Re}\left\{\sqrt{(R + j\omega L) \cdot (G + j\omega C)}\right\} \quad (2.2)$$

γ ... Měrná míra přenosu

R ... Měrný odpor [Ω /km]

L ... Měrná indukčnost [H/km]

G ... Měrný svod [S/km]

C ... Měrná kapacita [F/km]

ω ... Úhlová frekvence [rad/s]

Dalším důležitým parametrem je impedance Z_c [Ω], dána vztahem:

$$Z_c = \sqrt{\frac{(R+j\omega L)}{(R+j\omega C)}} \quad (2.3)$$

Z výše uvedených vztahů vyplývá, že je měrný útlum nepřímo úměrný impedanci. Dá se tedy říci, že čím větší Z_c , tím je potom α menší. Snížení útlumu symetrického vedení docílíme změnou tří primárních parametrů:

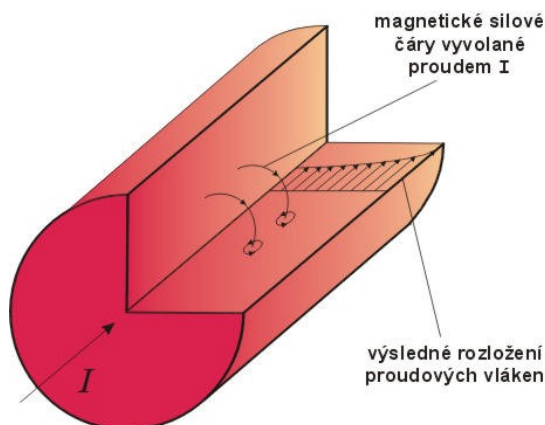
- Změnou (snížením) měrného odporu $R \rightarrow$ zvětšením průměru vodičů
- Změnou (snížením) měrné kapacity $C \rightarrow$ za použití izolační hmoty s nízkou hodnotou permitivity
- Změnou (zvýšením) měrné indukčnosti $L \rightarrow$ ovinutím vodiče např. drátem

2.3.2 Vliv fyzikálních jevů

Mezi fyzikální jevy, které ovlivňují útlum telekomunikačního vedení, patří povrchový jev, jev blízkosti a teplota. Všechny tyto jevy mají za následek zvyšující se měrný odpor a sním související útlum.

Povrchový jev

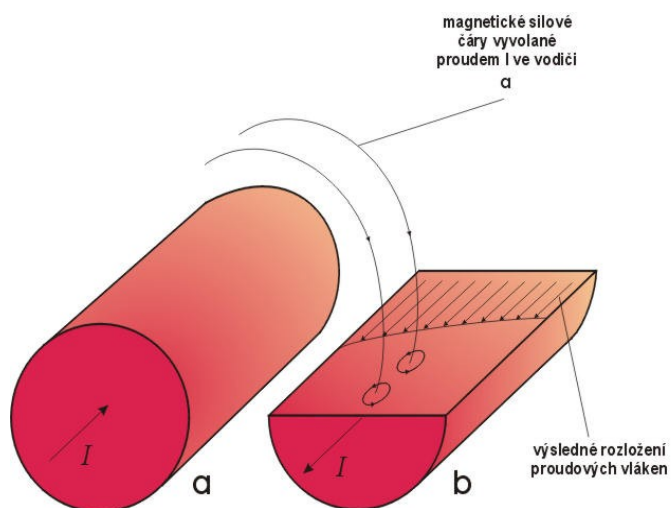
Povrchový jev je děj, při kterém střídavý proud proteče vodičem a pomocí jeho magnetického pole se v něm indukují vířivé proudy, které následně čelí toku primárního proudu. Podle růstu frekvence se touto činností vynucuje celkový proud k větší koncentraci na povrchu vodiče. Tímto dějem roste efektivní odpor a objevuje se reaktivní složka zvaná vnitřní reaktance.



Obrázek 2.2: Povrchový jev

Jev blízkosti

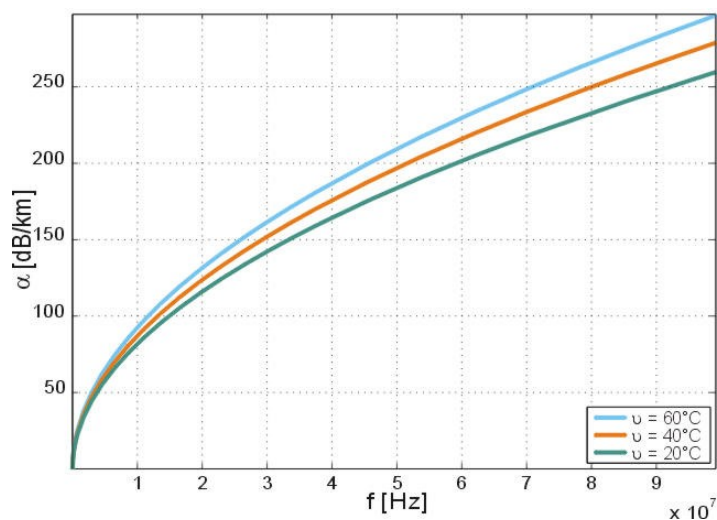
Na výsledné rozložení proudové hustoty mají vliv jev povrchový a jev blízkosti. Jev blízkosti má za následek zvětšení měrného odporu na vysokých frekvencích. Vnější siločáry vyvolané proudem v prvním vodiči, zapříčiní vznik dílčích proudů ve druhém vodiči, které procházející proud na bližší straně prvního vodiče zvětší. Při dosáhnutí určitého kmitočtu se jev blízkosti již nadále nemění a intenzita kmitočtu docílí rovnovážné hodnoty, na rozdíl od jevu povrchového, který se s narůstajícím kmitočtem zvětšuje.



Obrázek 2.3: Jev blízkosti

Vliv teploty

Teplota vedení má přímý vliv na útlum symetrického vedení, i když ve srovnání s předchozími dvěma vlivy ne tak velký. Hlavním parametrem, který teplota ovlivňuje, je odpor R_0 , ovlivňuje tedy celkový měrný odpor, kterého je R_0 součástí [14].



Obrázek 2.4: Vliv teploty na měrný útlum

3 Měření ADSL parametrů

Realizace praktického měření má za cíl popsání změny ADSL parametrů a zhodnocení definované služby v závislosti na vzdálenosti účastníka od sítě. Měřené přenosové rychlosti byly vybrány na základě nabídky ADSL internetu na českém trhu a v samotné praktické části jsou pak zpracovány a vyhodnoceny.

Laboratorní měření probíhalo v učebně Vysoké školy báňské a byly využity všechny níže popsané přístroje, které byly v učebně k dispozici.

ZyXEL IES-1000M DC

Jde o Multi-service mini IP DSLAM pracující se stejnosměrným napájením. Všechny modulární DSLAMy využívají kartu MSC1000A. Karta MSC1000A poskytuje čtyři Gigabit Ethernet rozhraní pro snadnou integraci do již zavedené stromové či kruhové topologie.

Tento DSLAM vyniká širokým výběrem DSL rychlostí. Veškeré IP Express modely nabízí G.SHDSL a ADSL/ADSL2+ technologie, které dávají k dispozici rychlosti od 128 kbit/s až do 24 Mbit/s na vzdálenost až 6 km.

Zařízení podporuje také VLAN síť. VLAN síť nabízí kromě vyšší bezpečnosti i možnost segmentovat poskytované služby. Každý stálý virtuální obvod tak může být konfigurován a mapován s různými prioritami paketů. Poskytovatelé služeb díky tomuto mohou rozlišovat pravidla služeb pro Internet, multimédia či VoIP a pomocí VLAN IP Express nabízejí vysoce zabezpečené B2B intranetové služby.

Náklady na provoz minimalizuje vzdálená správa. NetAtlas EMS umožňuje spravovat základní konfiguraci, management chyb, zabezpečení, výkon a řadu dalších funkcí, které poskytovatelům služeb pomáhají snižovat náklady na provoz. Samotné zařízení je zobrazeno na obrázku 3.1.

Funkce:

- podpora standardních technologií SHDSL, ADSL, ADSL2+ přes POTS/ISDN
- obsahuje dva sloty pro 8 - portové SHDSL karty, 8 - portové ADSL karty, nebo 12 - portové ADSL2+ karty s CO splitter (kombinace těchto karet je určována administrátorem)
- podpora 10/100BaseT Fast Ethernet rozhraní, každý ADSL2+ modul může podporovat až dvě tyto rozhraní [14]

Obrázek 3.1: *DSLAM-IES-1000*

Simulátor vedení Telebyte 458-3SL

Tento simulátor vedení umožňuje připojit jeden, dva nebo tři zásuvné moduly a je schopen řídit 1 - 24 kanálů. Jeho nejčastější využití spočívá v testování DSL modemů a dalších telekomunikačních zařízení.

Zařízení podporuje technologie:

- ADSL, ADSL2+
- HDSL, HDSL2
- G.SHDSL, SDSL
- DSL, VDSL, VDSL2

Spojení s PC mohou zajišťovat některá z rozhraní RS-232, IEEE-488 nebo Ethernet. Aktualizaci firmware pak lze provést přes rozhraní RS-232.

Samotná obsluha přístroje, tedy měnění délky trasy, se provádí pomocí tlačítek umístěných pod LCD displejem na čelní straně zařízení, jak je možné vidět na obrázku 3.2 [15].

Obrázek 3.2: *Simulátor vedení Telebyte 458-3SL*

Zásuvný modul 458-LM-E20, obrázek 3.3, pomocí kterého bylo měření realizováno, simuluje vedení do maximální délky 6500 m po 150 m krocích, s průřezem 0,4 PE dle specifikací ITU-T G.996.1 [16].



Obrázek 3.3: Modul 458 – LM - e20

Tester - VePAL BX100V

Zařízení podporující technologie VDSL, ADSL, ADSL2 a ADSL2+. Tento měřicí přístroj (viz obrázek 3.4) nachází hlavní využití při instalaci přípojek pro vysokorychlostní internet a IPTV [16].

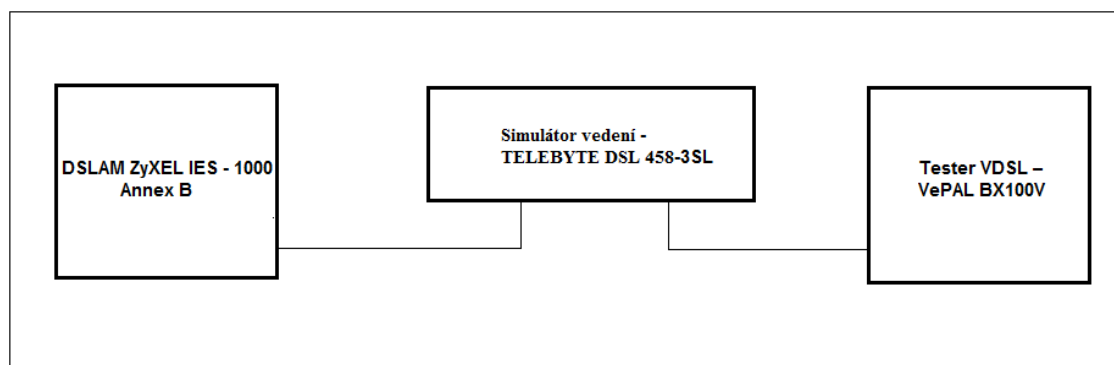
Funkce:

- simulace modemu VDSL2, ADSL, ADSL2, ADSL2+ podle ITU-T standardu
- emulace CPE a CO
- automatické spojení linky po zapnutí přístroje
- zobrazení výsledků: upstream/downstreamu, šumu, odezvy, útlumů
- grafická prezentace výsledků pro alokaci bitů na nosnou
- skenování více PVC a analýza provozu
- podpora Annexu A a Annexu B
- pokročilé IP testy přes rozhraní ADSL
- IPTV analýza streamu: MPEG2, MPEG4 a VC-1
- dálkové ovládání přes managementový port
- tvorba a převod protokolů do .pdf/.csv



Obrázek 3.4: Měřicí přístroj VDSL - VePAL BX100V

Schéma zapojení



Obrázek 3.5: Schéma zapojení

3.1 Informace o měření

Tester připojený ethernetovým kabelem k simulátoru vedení, viz obrázek 3.5, byl již po zapnutí v základním nastavení a tak bylo pro měření nutné změnit pouze nastavení pro měření na technologii ADSL2+ a Annex B. Správnost zapojení přístrojů se projevila ihned po zapnutí měřicího přístroje, který okamžitě začal proměřovat aktuálně nastavenou vzdálenost na simulátoru vedení.

Pro měření bylo vybráno 5 tras s různě nastavenými rychlostmi přenosu. Nastavení přenosových rychlostí bylo vybráno na základě nabídky ADSL internetu na českém trhu, viz kapitola 1.5.5. Následující tabulka 3.1 zobrazuje vybrané trasy s nastavenými rychlostmi přenosu.

Tabulka 3.1: Vybrané kanály s nastavenými přenosovými rychlostmi

Trasa	Upload [kbit/s]	Download [kbit/s]
1	1024	2048
2	1024	4096
3	1024	8192
4	1024	16 384
5	1024	24 576

Trasy 1, 2, 3, 4 a 5 byly změřeny vždy jednotlivě po 150 m krocích, které byly nastavovány vždy na simulátoru vedení. Měření bylo prováděno do doby, kdy se měřicí přístroj již nedokázal s DSLAMem spojit a nezobrazil tak žádná naměřená data. Pro přeměření další vybrané trasy bylo zapotřebí přepojit kabel z aktuálně měřeného portu na DSLAMu do dalšího

a pokračovat v měření. Jednotlivé výsledky byly vždy pro přehlednost přejmenovány a následně uloženy do paměti testeru.

Po změření konkrétní trasy bylo zapotřebí propojit měřicí přístroj přes ethernetové rozhraní s PC, kde za pomoci předinstalovaného softwaru ReVeal BX byly jednotlivé výsledky převedeny do formátů pdf a csv, které se nachází v příloženém CD.

Měřené parametry

V praktickém měření definovaných služeb ADSL v závislosti účastníka od sítě byly změřeny tyto parametry:

- **Upload** – přenosová rychlost ve směru od účastníka k síti, v kbit/s.
- **Download** – přenosová rychlost ve směru od sítě k účastníkovi, v kbit/s.
- **Útlum vedení** – rozdíl síly signálu na jednom konci vedení oproti druhému konci. Čím je naměřený útlum nižší, tím je přenos kvalitnější, jednotka v dB.
- **Přenesené bity v subkanálech** - základní parametr ADSL přenosu, frekvenční spektrum rozděleno na subkanály přenášející jednotlivé bity.

3.2 Vyhodnocení naměřených výsledků

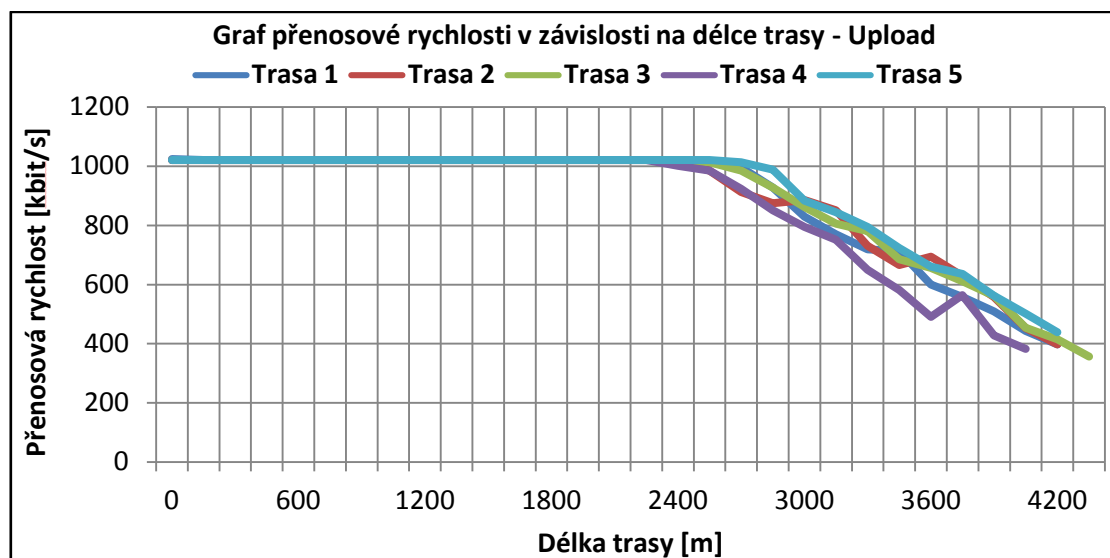
Tato kapitola je zaměřena na vyhodnocení vlivu vzdálenosti vůči měřeným parametrům ADSL. V následujících kapitolách níže se nachází grafické zhodnocení naměřených výsledků přenosových rychlostí, útlumu na vedení a přenesených bitů v subkanálech. Všechny naměřené výsledky k jednotlivým trasám lze najít v souboru Trasy.xls na příloženém CD.

3.2.1 Přenosové rychlosti – Upload, Download

U naměřených přenosových rychlostí uploadu i downloadu bylo zjištěno, do jaké maximální vzdálenosti je možné poskytnout účastníkovi nabízenou službu, v jaké maximální vzdálenosti bude účastníkovi poskytnuta plná přenosová rychlost a také například do jaké vzdálenosti je služba v praxi použitelná.

Upload

Na následujícím obrázku 3.6 se nachází grafické zobrazení naměřených přenosových rychlostí uploadu všech 5 tras. Z grafu lze vyčíst, jaká byla maximální naměřená vzdálenost, do jaké délky si přenosová rychlost uploadu držela své nastavené maximum, v jaké vzdálenosti od DSLAMu poskytovatele docílí účastník alespoň 50% přenosové rychlosti a také jakých hodnot dosahovala v posledním měřeném bodě.



Obrázek 3.6: Graf naměřených přenosových rychlostí uploadu

Následující tabulka 3.2 obsahuje celkové vyhodnocení naměřených přenosových rychlostí uploadu.

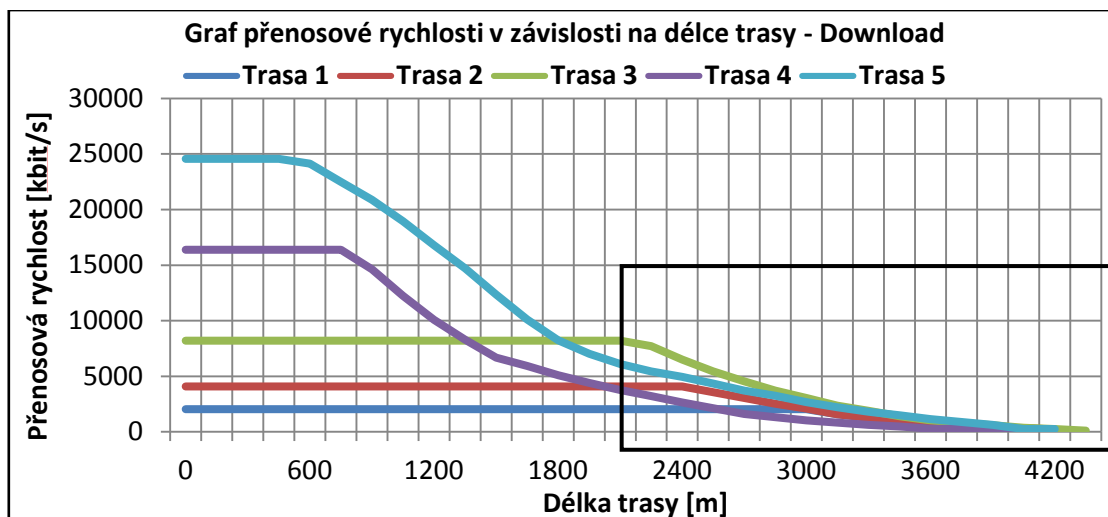
Tabulka 3.2: Vyhodnocení přenosové rychlosti - upload

	Trasa 1	Trasa 2	Trasa 3	Trasa 4	Trasa 5
Nastavená přenosová rychlost [kbit/s]	1024	1024	1024	1024	1024
Místo s poslední max. přen. rychlostí [m]	2550	2400	2550	2400	2700
Bod zlomu [m]	2700	2550	2700	2550	2850
Místo s 50 % přen. rychlosti [m]	3900	3900	3900	3750	4050
Poslední naměřená vzdálenost [m]	4200	4200	4350	4050	4200
Poslední naměřená přenosová rychlost [kbit/s]	397	397	356	382	438

Z tabulky je patrné, že si přenosová rychlost uploadu drží své maximum nejdéle u měřené trasy č. 5 a to do 2700 m. Bod zlomu pak představuje místo, ve kterém přenosová rychlost začala poprvé klesat. Spolu s maximem začíná trasa č. 5 nejpozději slábnout a ještě v předposlední měřené délce, tedy v 4050 m, dosahuje alespoň 50 % své přenosové kapacity. U všech měřených tras je využití přenosové rychlosti ve směru uploadu nad vzdálenost 4000 m prakticky nepoužitelné. Nejdelší naměřenou vzdáleností pak bylo 4350 m u trasy č. 5.

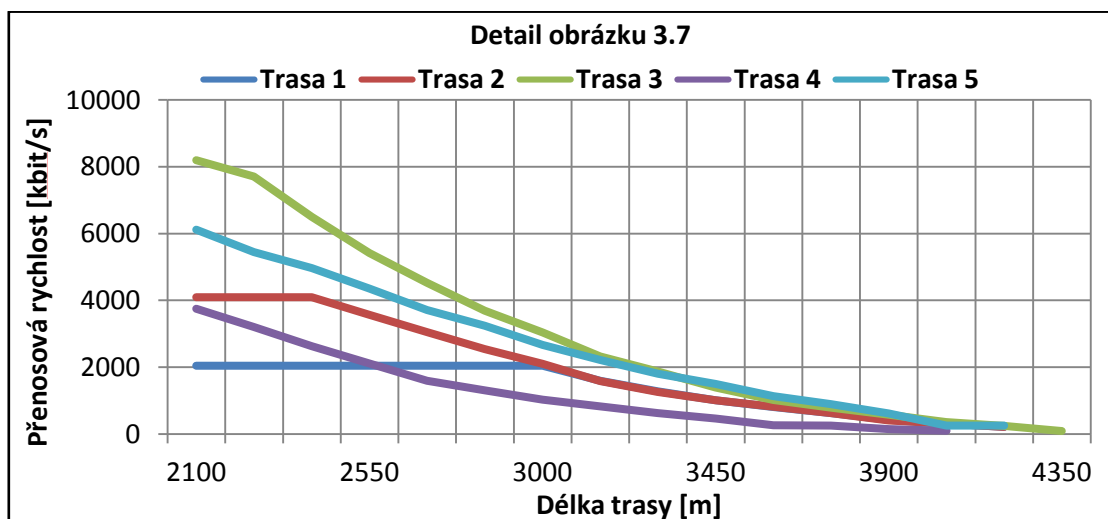
Download

Graficky zobrazené výsledky naměřených přenosových rychlostí downloadu, se nachází na obrázku 3.7. Podobně jako u zhodnocení uploadu i zde graf znázorňuje maximální možnou vzdálenost využití včetně poslední naměřené rychlosti.



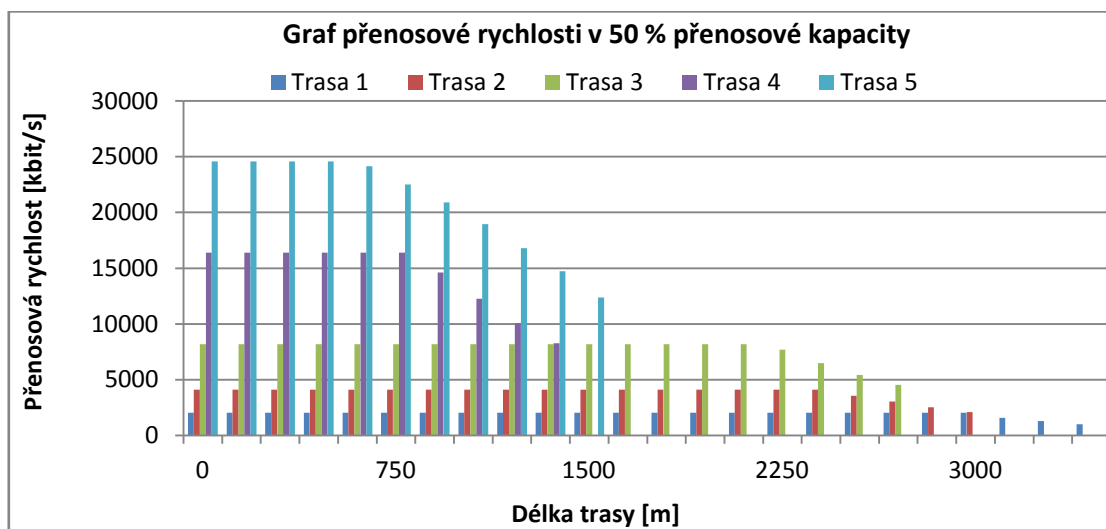
Obrázek 3.7: Graf naměřených přenosových rychlostí downloadu

Z grafu je patrné, že vysoké přenosové rychlosti si trasa 4 a 5 dokáže udržet pouze do přibližné délky 1 km. V polovině měřené délky, tedy ve 2100 m, vysokorychlostní trasy zcela ztrácejí prvenství a mezi ostatními trasami se ztrácí (viz obrázek 3.8).



Obrázek 3.8: Detail znázorněné části na obrázku 3.7

Vysokorychlostní trasy 4 a 5 ztrácí již při čtvrtině svého maximálního dosahu 50 % své celkové přenosové kapacity. Přenosová rychlost trasy 5 pak z původních 24 576 kbit/s dosahuje po 1500 m pouhých 12 369 kbit/s a rychlostně se tak dostává na stejnou úroveň jako ostatní trasy. Na následujícím obrázku 3.9 jsou pak znázorněny jednotlivé trasy a jejich dosah, ve kterém dosahují 50 % své přenosové kapacity. Lze tak přesně určit do jaké vzdálenosti DSLAMu poskytovatele, dosáhne účastník minimálně poloviny předepsané rychlosti.



Obrázek 3.9: Graf přenosových rychlostí při 50 % své přenosové kapacity

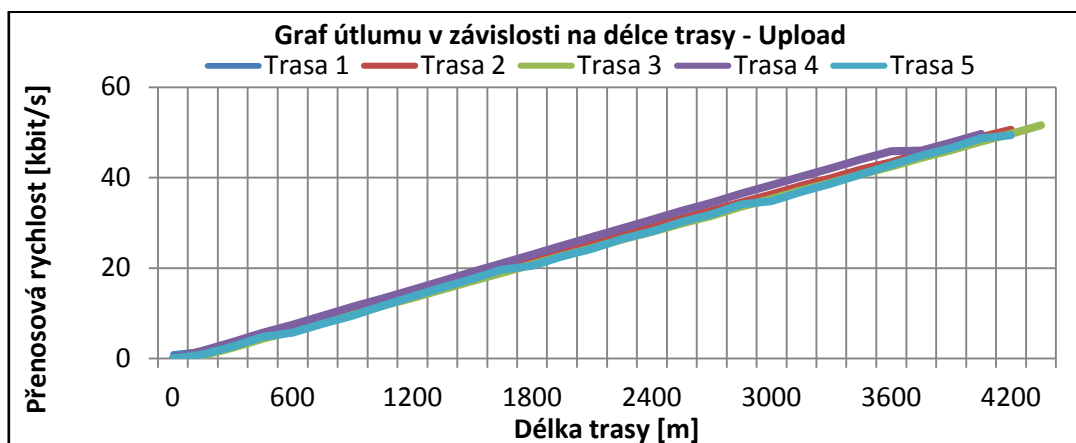
Následující tabulka 3.3 znázorňuje celkové vyhodnocení naměřených přenosových rychlostí ve směru downloadu.

Tabulka 3.3: Vyhodnocení přenosové rychlosti - download

	Trasa 1	Trasa 2	Trasa 3	Trasa 4	Trasa 5
Nastavená přenosová rychlost [kbit/s]	2048	4096	8192	16 384	24 576
Místo s poslední max. přen. rychlostí [m]	3000	2400	2100	750	600
Bod zlomu [m]	3150	2550	2250	900	750
Místo s 50 % přen. rychlosti [m]	3450	3000	2700	1350	1500
Poslední naměřená vzdálenost [m]	4200	4200	4350	4050	4200
Poslední naměřená přenosová rychlost [kbit/s]	220	212	96	105	256

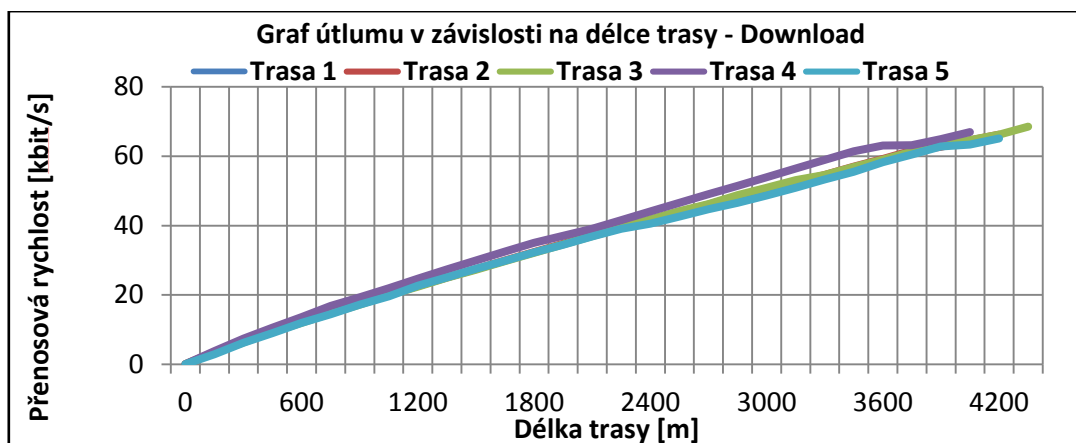
3.2.2 Útlum vedení

Naměřený útlum vedení na jednotlivých trasách je znázorněn na následujících 2 obrázcích. Obrázek 3.10 vykresluje naměřené hodnoty útlumu vedení ve směru uploadu, obrázek 3.11 pak ve směru downloadu.



Obrázek 3.10: Graf naměřeného útlumu vedení, ve směru uploadu

Naměřené hodnoty útlumu na jednotlivých trasách se pohybovaly v rozmezí stejných hodnot. Útlum vedení rostl a pohyboval se od začínajících 0 dB až po maximálních 51,6 dB u trasy č. 3.



Obrázek 3.11: Graf naměřeného útlumu vedení, ve směru downloadu

Naměřené hodnoty útlumu ve směru downloadu se na jednotlivých trasách pohybovaly, jako v předchozím případě, ve stejném rozmezí hodnot. Útlum vedení stoupal od začínajících 0 dB až k hranici 68,5 dB.

V následující tabulce 3.4, se nachází celkové vyhodnocení naměřeného útlumu vedení.

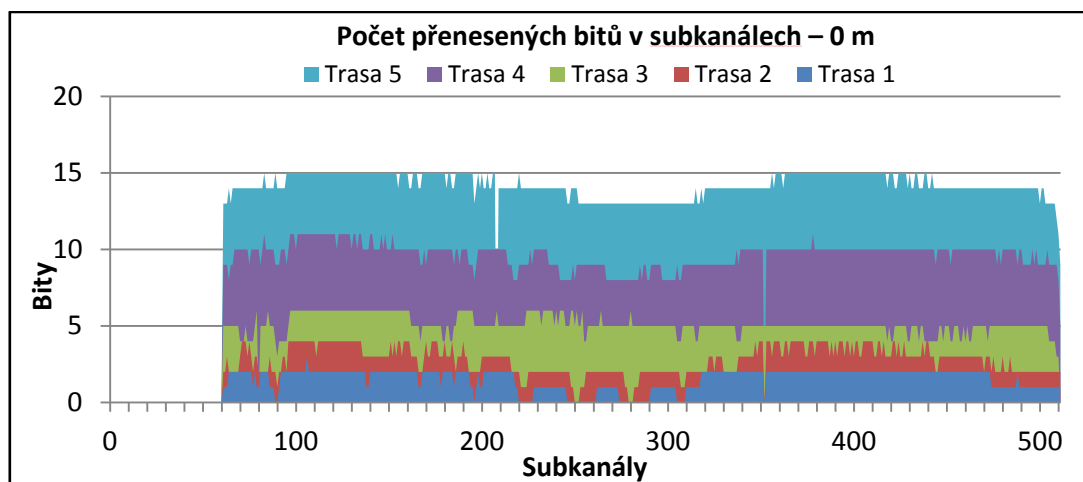
Tabulka 3.4: *Vyhodnocení naměřeného útlumu*

	Trasa 1	Trasa 2	Trasa 3	Trasa 4	Trasa 5
Útlum naměřený v 0 m					
Upload [dB]	1	0	0	0	0
Download [dB]	0	0	0	0	0
Útlum naměřený v posledním měřeném bodě					
Upload [dB]	50,7	50,6	51,6	49,7	49,4
Download [dB]	66,2	66,2	68,5	66,9	65,1

3.2.3 Přenášení bitů v subkanálech

Pro grafické znázornění přenesených bitů v subkanálech byly vybrány 3 různé referenční délky. Znázorněny jsou dále pouze přenesené bity ve směru downloadu, který je z hlediska využitelnosti u účastníka daleko více důležitý. Grafy se znázorněným přenosem bitů ve směru uploadu se nachází na příloženém CD v souboru Trasy.xls.

První znázorněný graf (obrázek 3.12) vykresluje přenesené bity v délce 0 m.



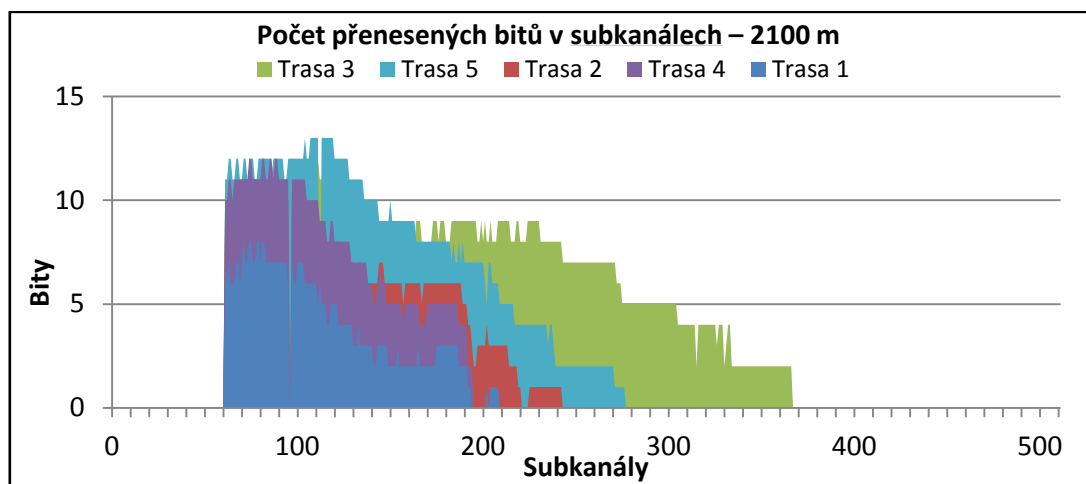
Obrázek 3.12: *Graf přenesených bitů v subkanálech v 0 m*

Z grafu lze určit, jak se pohybují přenášené bity při dané vzdálenosti a také, který subkanál je přenáší. V počátečním měření v 0 m přenáší pro download subkanál od maximálně 2 bitů u trasy č. 1 až po bitů 15 u trasy č. 5. Na základě nastavené přenosové rychlosti lze

pozorovat i rozdílný počet všech přenesených bitů. Nejpomalejší trasa č. 1 dokázala přenést 691 bitů, kdežto trasa č. 5 až 6385 bitů.

V prvotním měření využívá všech 5 tras k přenesení informace přibližně stejný počet subkanálů. Počet se pohybuje v rozmezí od minimálních 401 subkanálů až po 450 využitých subkanálů. Všechny trasy využívají v počáteční délce 0 m celé přenosové pásmo, které mají k dispozici, tedy od přibližně 0,30 MHz po 2,20 MHz. Využití frekvenčního pásma, které zobrazuje přenesené bity v závislosti na frekvenci lze najít v přílohách.

Dalším znázorněným místem je přibližně polovina maximálního dosahu u všech naměřených tras a to 2100 m (viz obrázek 3.13).



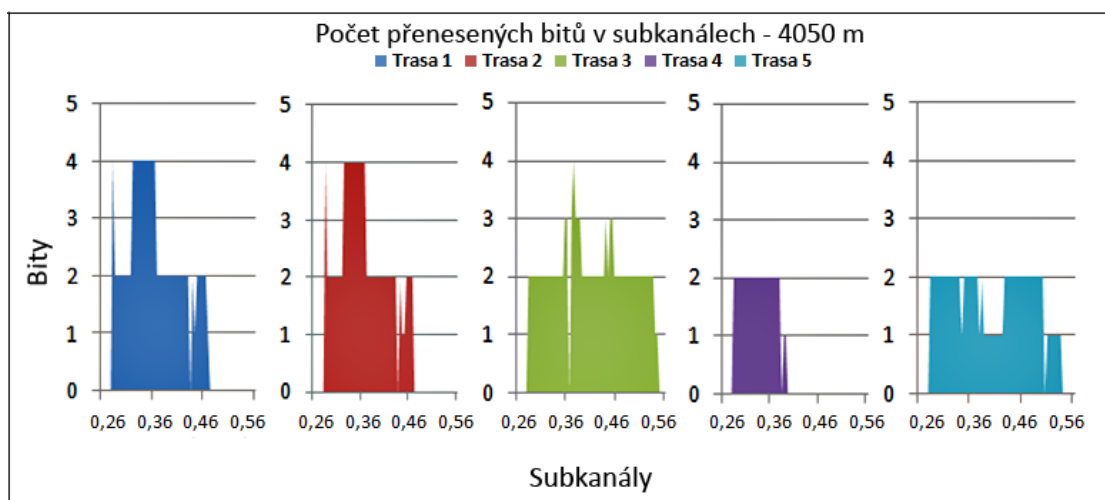
Obrázek 3.13: Graf přenesených bitů v subkanálech v 2100 m

Z grafu lze vidět, že se počet nejvýše přenesených bitů na subkanál začal lišit. Zatímco u trasy č. 5 se nejvyšší počet přenesených bitů na subkanál snížil z 15 na 13, u všech zbylých tras tomu bylo naopak a počet se zvýšil.

Celkový počet přenesených bitů se snížil hlavně u tras č. 4 a 5, a to z důvodu rapidně klesající přenosové rychlosti downloadu, která klesla více než o čtyřnásobek ze své původní hodnoty. Se související přenosovou rychlostí klesal i celkový počet přenesených bitů, jehož pokles byl podobně jako u přenosové rychlosti více než čtyřnásobný (viz tabulka vyhodnocení 3.5).

Využití frekvenčního pásma u jednotlivých tras se v 2100 m značně mění. Zatímco v 0 m využívaly trasy všechny dostupný frekvenční rozsah, v 2100 m zabírá nejpomalejší trasa č. 1 rozsah přibližně do 0,90 MHz oproti trase č. 3, která zasahuje až do 1,60 MHz (viz graf v přílohách).

Poslední délkou zahrnutou do grafického znázornění je, pro některé trasy poslední naměřená vzdálenost, 4050 m (obrázek 3.14).



Obrázek 3.14: *Graf přenesených bitů v subkanálech v 4050 m*

Délka 4050 m byla pro trasu č. 4 poslední měřenou vzdáleností, vyplývá to i z grafu, na kterém jako jediná ze všech tras využívá opravdu malý počet subkanálů, celkem jen 25. Vysokorychlostní trasy 4 a 5 dosahují v délce 4050 m nejmenších přenosových rychlostí a z toho plyne i menší maximální počet přenesených bitů na subkanál oproti zbývajícím trasám.

Celkový počet přenesených bitů, se až na trasu č. 4 pohybuje okolo 100. Nejvíce bitů přenáší trasa č. 3 a to hlavně díky maximální naměřené délce 4350 m. V měřeném bodě 4050 m přenáší až 129 bitů a má tak tedy oproti ostatním trasám, které končí v 4200 m, navrch.

S nízkým počtem využitých subkanálů u trasy č. 4, v jejím posledním měřeném bodě, souvisí i využitý frekvenční rozsah. Trasa č. 4 zabírala rozsah široký přibližně 100 kHz oproti ostatním trasám, které zabíraly rozsah přibližně dvakrát tak velký. Dle grafického znázornění je na tom nejlépe trasa č. 3, která má před sebou ještě další dva měřené úseky. Její frekvenční rozsah tak zasahuje od 0,26 MHz do necelých 0,56 MHz (viz graf v přílohách).

V následující tabulce 3.5, jsou sdruženy všechny naměřené a zjištěné informace o přenosu jednotlivých bitů v subkanálech.

Tabulka 3.5: *Vyhodnocení přenosu bitů v subkanálech*

	Trasa 1	Trasa 2	Trasa 3	Trasa 4	Trasa 5
Nejvyšší počet bitů přenesených subkanálem					
0 m	2	4	6	11	15
2100 m	8	11	12	12	13
4050 m	7	7	7	6	7
Celkový počet přenesených bitů					
0 m	691	1250	2285	4333	6385
2100 m	585	1116	2213	1028	1667
4050 m	108	106	129	48	98
Počet subkanálů přenášející informaci					
0 m	401	444	449	450	450
2100 m	138	177	305	133	215
4050 m	43	42	60	25	58
Využívané frekvenční pásmo [MHz]					
0 m	0,30 - 2,20	0,30 - 2,20	0,30 - 2,20	0,30 - 2,20	0,30 - 2,20
2100 m	0,30 - 0,92	0,30 - 1	0,30 - 1,60	0,30 - 0,80	0,30 - 1,20
4050 m	0,30 - 0,47	0,30 - 0,47	0,30 - 0,55	0,30 - 0,40	0,30 - 0,54

3.3 Závěrečné shrnutí

Tato kapitola obsahuje zhodnocení všech měřených tras, které byly v rámci praktického měření zjištěny.

Přenosové rychlosti byly vybrány na základě nabídky ADSL internetu na českém trhu. Potencionální budoucí zákazník, který má zájem o pořízení ADSL internetu, má v dnešní době v podstatě na výběr z 3 rychlostí, a to 4, 8 a 16 Mbit/s. Vyšší rychlosti jsou nabízené pouze na technologii VDSL.

Potencionální zákazník by se před pořízením ADSL internetu měl u operátora informovat, jak daleko od jeho bydliště je nejbližší ústředna s DSLAMem. Dle zjištěných výsledků má právě vzdálenost jeden z největších vlivů právě na kvalitu přenášeného signálu.

Zákazník s vidinou teoretické rychlosti 16 Mbit/s (trasa č. 4), může být lehce zklamán z její rychlosti v praxi. Trasa č. 4 (nejvyšší nabízená ADSL rychlost operátorů) se totiž již po 1350 m dostává na polovinu své nastavené rychlosti a od této vzdálenosti je již výhodnější sáhnout po levnější alternativě, v podobě rychlosti 8 Mbit/s (trasa č. 3). Trasa č. 3 se tak dle výsledků jeví jako nejlepší volba pro ty, kteří bydlí daleko od operátorovy ústředny. V případě bydliště do 1 km od ústředny pak volba padá jasně na rychlejší 16 Mbit/s variantu, u které nebude problém ani se streamováním videa ve vysoké kvalitě.

Nejpomalejší nabízená varianta o rychlosti 4 Mbit/s (trasa č. 2) pak bohatě vystačí na nenáročné prohlížení internetu a stahování emailů. Streamování videa pak bude možné pouze v menší standardní kvalitě. Co se týká kvalit této trasy, svoji nastavenou rychlost si drží do 2550 m od ústředny a v přibližně dalších 500 m se dostává na polovinu své nastavené hodnoty.

Dalšími změřenými rychlostmi byli 2 Mbit/s (trasa č. 1) a 24 Mbit/s (trasa č. 5) u kterých se jen prokázalo, že čím nižší nastavená přenosová rychlost je, tím déle si svou nastavenou rychlost spolu s kvalitou trasa udrží.

V následující tabulce 3.6 se nachází shrnutí hlavních výsledků plynoucích z trasy č. 1 – 5.

Tabulka 3.6: *Shrnutí naměřených dat*

Upload/Download	Trasa 1	Trasa 2	Trasa 3	Trasa 4	Trasa 5
Nastavená přenosová rychlost [kbit/s]	1024/2048	1024/4096	1024/8192	1024/16 384	1024/24 576
Bod zlomu [m]	2700/3150	2550/2550	985/2250	2550/900	2850/750
Poslední naměřená vzdálenost [m]	4200	4200	4350	4050	4200
Poslední naměřená přenosová rychlost [kbit/s]	397/220	397/212	356/96	382/105	438/256
Max. hodnota útlumu [dB]	50,7/66,2	50,6/66,2	51,6/68,5	49,7/66,9	49,4/65,1

4 Návod na realizaci laboratorního měření

Tato kapitola shrnuje všechny poznatky získané z průběhu měření a poskytuje komplexní návod, jak postupovat a čemu se vyvarovat při měření ADSL parametrů. Jedno z možných vyhotovených zadání laboratorního měření se nachází v přílohách, spolu s vypracovaným laboratorním protokolem.

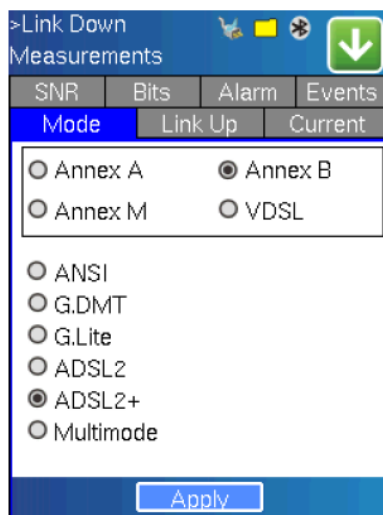
Příprava a zapojení

Před samotným měřením je třeba vybrat správná zařízení určená k tomuto účelu. Pro obsluhu ADSL testeru je třeba mít prostudovaný manuál k jeho obsluze (viz příloha na CD). Potřebné přístroje jsou tedy:

- DSLAM – Annex B – ZyXEL IES-1000M DC
- Simulátor vedení – Telebyte 458-3SL
- Tester – VePAL BX100V

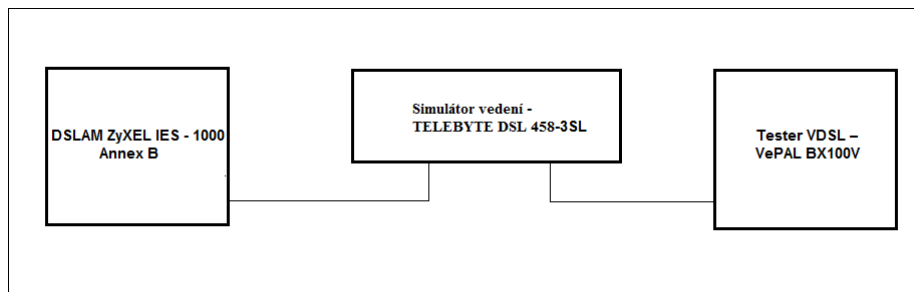
Na DSLAMu je nutné si vybrat jeden z 12 portů s nastavenými přenosovými rychlostmi. Nastavení jednotlivých portů se provádí přes webové rozhraní na počítači připojeném do místní sítě.

ADSL tester je při prvním spuštění třeba nastavit. Měření bude probíhat na technologii ADSL2+ s Annexem B (viz obrázek 4.1).



Obrázek 4.1: Nastavení ADSL testeru

Po vybrání přenosových rychlostí, připojení ethernetového kabelu do příslušného portu v DSLAMu a nastavení testeru, následuje zapojení dostupných přístrojů. Simulátor vedení je hlavním řídicím prvkem našeho měření a schéma tak vypadá následovně (viz obrázek 4.2).



Obrázek 4.2: Schéma zapojení

Měření

Správnost zapojení se projeví na testeru, který okamžitě začne proměřovat aktuálně připojenou trasu (port). V případě, že tak činí, je vše správně a měření už nic nebrání.

Jednotlivé navyšování délky se provádí pomocí simulátoru vedení, na jehož ovládacím panelu se nachází kurzorové šipky spolu s displejem. Šípkami postupně navyšujeme potřebnou vzdálenost o 150 m. Naměřené výsledky si v testeru uložíme a pro přehlednost přejmenujeme. Uložení a přejmenování výsledků je velice důležité pro případné budoucí práce s naměřenými daty. Důležitá je následná kontrola uložených výsledků. Tester sám zpracovává naměřené výsledky do protokolu s tabulkami naměřených hodnot a jednotlivými grafy (viz příloha na CD). Proto je třeba se ujistit, jestli tester opravdu vše uložil správně a žádný z důležitých naměřených parametrů nechybí.

Po změření aktuálně vybrané přenosové rychlosti přepojíme ethernetový kabel v DSLAMu do následujícího vybraného portu a měření opakujeme stejným způsobem.

Zpracování výsledků

Po změření všech požadovaných tras je za potřeby pro následné vyhodnocení naměřených výsledků si stáhnout naměřená data z testeru do PC. V balení testeru se nachází ethernetový kabel, za jehož pomoci připojíme tester do PC a spustíme software ReVeal BX. Tato aplikace pochází od výrobce tohoto přístroje a je tedy přímo určena pro správu a manipulaci s naměřenými daty.

Naměřené soubory si nejprve z přístroje stáhneme a poté si je pro následnou manipulaci přeformujeme do souborů pdf a csv. Soubor pdf proto, abychom měli ucelené výsledky v jednom dokumentu včetně grafických znázornění naměřených hodnot a csv pro lepší následné zpracování v programu Excel.

Závěr

Technologie ADSL je v dnešní době pro některé obyvatele České republiky jedinou možností jak si zajistit alespoň částečně kvalitní připojení k internetu. Cílem této práce bylo popsání základních vlastností technologií xDSL se zaměřením na samotnou technologii ADSL.

V teoretické části je nejprve rodina xDSL rozdělena na jednotlivé přípojky a ty následně popsány. Budoucnost xDSL technologií je v nejbližších letech zcela jistě zaručena, protože vybudování zcela nových optických tras je hlavně finančně náročné. Použití stávajícího metalického vedení je tedy stále jednou z nejlepších možností.

Druhá polovina teoretické části je věnována vlivům mající účinek na kvalitu přenášené služby. Tato kapitola je přehledně rozdělena na vlivy vnější a vnitřní. Tyto vlivy jsou následně podrobně popsány a vysvětleny. Největší vliv na přenášený signál má bezesporu útlum vedení, který se zvyšuje s přibývajícím vzdáleností účastníka od ústředny a praktické měření to jen potvrdilo.

Díky výsledkům, které jsem získal praktickým měřením v učebně Vysoké školy báňské, se jen potvrzuje, jak velký vliv má právě vzdálenost na výslednou kvalitu přenášené služby. Zájemce o tento druh připojení po přečtení této práce zjistí, že nabízené rychlosti jsou pouze maximální a účastník jich docílí jen v místech blízkých ústředně provozovatele. Dalším přínosem pro čtenáře určitě bude zjištění, jakých kvalit by v případě pořízení ADSL přípojky docílil a jak daná technologie vlastně funguje.

Použitá literatura

- [1] ŠIMÁK, Boris, Jaroslav SVOBODA a Jiří VODRÁŽKA. *Digitální účastnické přípojky xDSL*. 1. vyd. Praha: Sdělovací technika, 2005, 141 s. ISBN 80-866-4507-X.
- [2] ŠIMÁK, Boris a Jiří VODRÁŽKA. *Digitální účastnické přípojky xDSL*. 2. díl. 1. vyd. Praha: Sdělovací technika, 2008, 156 s. ISBN 80-866-4516-9.
- [3] VODRÁŽKA, Jiří. *Přenosové systémy v přístupové síti*. 2. vyd., přeprac. Praha: ČVUT, 2006, 189 s. ISBN 80-010-3386-4.
- [4] ČEPČIANSKY, Gustáv. *Technológia ADSL*. 1. vyd. Žilina: ŽU, 2005, 92 s. ISBN 80-8070-387-6.
- [5] Přehled technologií xDSL (3) – ADSL a ADSL G.Lite. *Svetsiti.cz* [online]. [vid. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.svetsiti.cz/clanek.asp?cid=Prehled-technologie-xDSL-3-ADSL-a-ADSL-GLite-2972002>
- [6] ADSL – 1. Část. *Access.feld.cvut.cz* [online]. [vid. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cislocclanku=2004072903>
- [7] Přehled technologií xDSL (1) – IDSL a HDSL. *Svetsiti.cz* [online]. [vid. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.svetsiti.cz/clanek.asp?cid=Prehled-technologie-xDSL-1-IDSL-a-HDSL-2272002>
- [8] Přehled technologií xDSL (2) – SDSL a G.SHDSL *Svetsiti.cz* [online]. [vid. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.svetsiti.cz/clanek.asp?cid=Prehled-technologie-xDSL-2-SDSL-a-GSHDSL-2472002>
- [9] Základní popis přípojky SHDSL. *Access.feld.cvut.cz* [online]. [vid. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cislocclanku=2004111601>
- [10] VDSL rychlejší. *Dsl.cz* [online]. [vid. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.dsl.cz/clanek/3-vdsl-rychlejsi>
- [11] ADSL v obrazech (2.). *Lupa.cz* [online]. [vid. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.lupa.cz/clanky/adsl-v-obrazech-2/>
- [12] Rušivé vlivy působící na vedení xDSL systémů. *Elektrorevue.cz* [online]. [vid. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/05003/index.html>
- [13] Jevy ovlivňující útlum symetrických kabelových vedení. *Access.feld.cvut.cz* [online]. [vid. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cislocclanku=2004120201>
- [14] IES – 100M DC. *Shop.zyxel.cz* [online]. [vid. 2014-03-10]. Dostupné z: http://shop.zyxel.cz/206-karta-IES-100M_DC.html
- [15] Model 458 - 3SLB. *Telebytebroadband.com* [online]. [vid. 2014-03-02]. Dostupné z: http://www.telebytebroadband.com/main/product_viewer.asp?product=458-3slb

- [16] Model 458 – LM – E20. *Telebytebroadband.com* [online]. [vid. 2014-03-02]. Dostupné z: http://www.telebytebroadband.com/main/product_viewer.asp?product=458-lm-e20
- [17] VePAL BX100V. *Hke.cz* [online]. [vid. 2014-03-11]. Dostupné z: http://www.hke.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=121&Itemid=27

Seznam příloh

Příloha A:	Zadání laboratorního měření	I
Příloha B:	Laboratorní protokol z měření.....	III
Příloha C:	Grafické zobrazení přenesených bitů v subkanálu v závislosti na frekvenci	VIII

Součástí BP je CD.

Adresářová struktura přiloženého CD:

/Naměřené hodnoty

*Naměřené hodnoty z měření

/Trasy.xls

*Zpracované naměřené hodnoty

/BX100 Manual.pdf

*Manuál k měřicímu přístroji

Příloha A: *Zadání laboratorního měření*

Zadání laboratorního měření

Měření ADSL parametrů pro různé vzdálenosti má za cíl ověřit maximální dostupnost služby a vliv vzdálenosti na ADSL parametry.

Potřebné pomůcky

Před zahájením měření si zkontrolujte stav svého pracoviště, na kterém by se mělo nacházet:

- ADSL tester se zdrojem
- Ethernetový kabel (na propojení analyzátoru s PC)
- 3x propojovací kabel (černý)

Zadání

Z DSLAMu - Annex B, si vyberte nejméně 1 kanál (od 1 - 12) a proměřte jeho parametry na nejméně 10 referenčních délkách. Jednotlivé vzdálenosti si nastavíte na simulátoru vedení. Vybrané kanály proměřte a určete, do jaké maximální vzdálenosti nastavená přenosová rychlost dosáhne, jak se mění útlum vedení a jaký má vliv vzdálenost na přenos bitů v subkanálech. Přesné zadání úlohy je tedy:

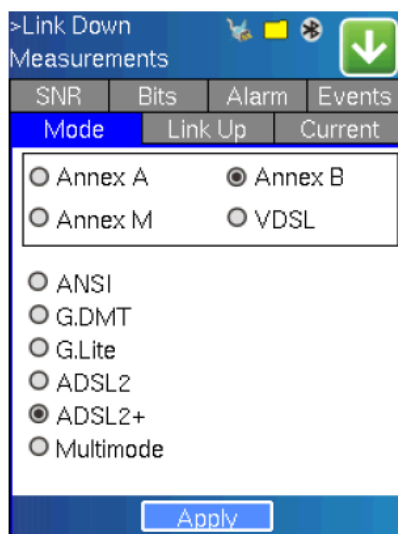
- Sestavit spojení pro měření ADSL parametrů
- Vybrat si nejméně 1 kanál z DSLAMu – Annex B
- Provést měření na nejméně 10 délkách
- Zhodnocení maximálního dosahu pro nastavené přenosové rychlosti kanálu
- Zhodnocení útlumu vedení
- Zhodnocení přenosu bitů v subkanálech

Obsah protokolu

- Zadání úlohy/měření
- Použité přístroje
- Schéma měření
- Postup laboratorního měření
- Nastavené parametry a naměřené hodnoty
- Zhodnocení a závěr

Nastavení měřicího přístroje

Nastavení ADSL testeru proveďte podle následujícího obrázku A.1.



Obrázek A.1: *Nastavení ADSL testeru*

Důležité informace a doporučení

Jednotlivé naměřené výsledky si ihned po změření uložte do paměti ADSL měřicího přístroje. Pro lepší přehlednost si je pojmenujte dle právě měřené délky. Po skončení měření propojte ADSL tester s PC a pomocí aplikace VeEx si jednotlivé výsledky stáhněte. Aplikace VeEx umožňuje i konvertování výsledků do pdf nebo csv.

Po skončení měření uveďte pracoviště do stavu, ve kterém se nacházelo na začátku hodiny, tzn. pracoviště bude uklizené, jednotlivé kabely budou rozpojeny a paměť analyzátoru bude vymazána. Jednotlivá měření v protokolu graficky zpracujte a vyhodnoťte.

 Katedra telekomunikační techniky	
Měření ADSL parametrů – trasa č. 1	
Vypracoval: Metelka Filip	Protokol č.: 1
Login: MET0015	Datum: 2.5.2014

1. Zadání úlohy/měření

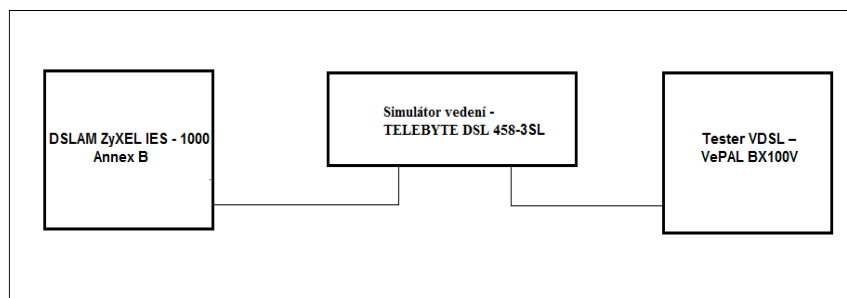
Proměřit nejméně 1 předem nastavenou trasu, na nejméně 10 referenčních délkách. Veškeré naměřené hodnoty uložit do analyzátoru VePal a následně po měření spojit přístroj s PC a hodnoty stáhnout. Naměřené výsledky v protokolu zpracovat a vyhodnotit.

- Sestavit spojení pro měření ADSL parametrů
- Vybrat si nejméně 1 kanál z DSLAMu – Annex B
- Provést měření na nejméně 10 délkách
- Zhodnocení maximálního dosahu pro nastavené přenosové rychlosti kanálu
- Zhodnocení útlumu vedení
- Zhodnocení přenosu bitů v subkanálech

2. Použité měřicí zařízení a přístroje

- DSLAM – ZyXEL IES – 1000M DC
- Simulátor vedení – Telebyte 458 – 3SL
- Analyzátor – VePAL BX100V
- Černý propojovací kabel – 3ks – 4 drátový
- Ethernetový kabel na propojení analyzátoru s PC

3. Schéma zapojení



Obrázek B.1: Schéma zapojení

4. Postup laboratorního měření

- 1) Přístroje jsem zapojil dle obrázku B.1 – schéma měření
- 2) Nastavil jsem parametry analyzátoru – Annex B, ADSL2+
- 3) Vybranou trasu č. 1 jsem měřil po 150 m
- 4) Naměřené výsledky jsem importoval z analyzátoru do PC prostřednictvím aplikace VeEx
- 5) Výsledky jsem zpracoval a vyhodnotil

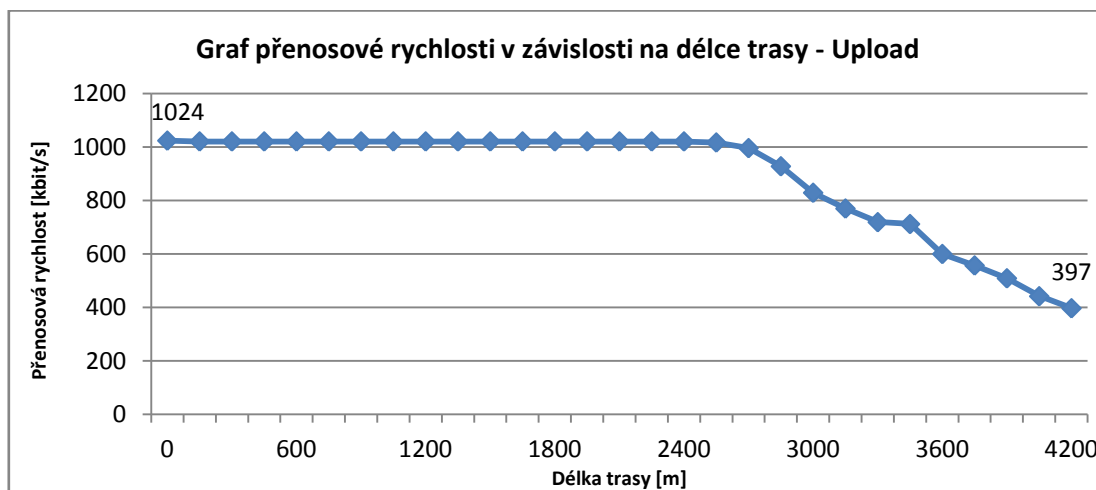
5. Nastavené parametry a naměřené hodnoty

Následující kapitola sjednocuje a sdružuje všechny naměřené výsledky, které byly při měření zaznamenány.

Tabulka B.1: *Nastavené přenosové rychlosti na trase č. 1*

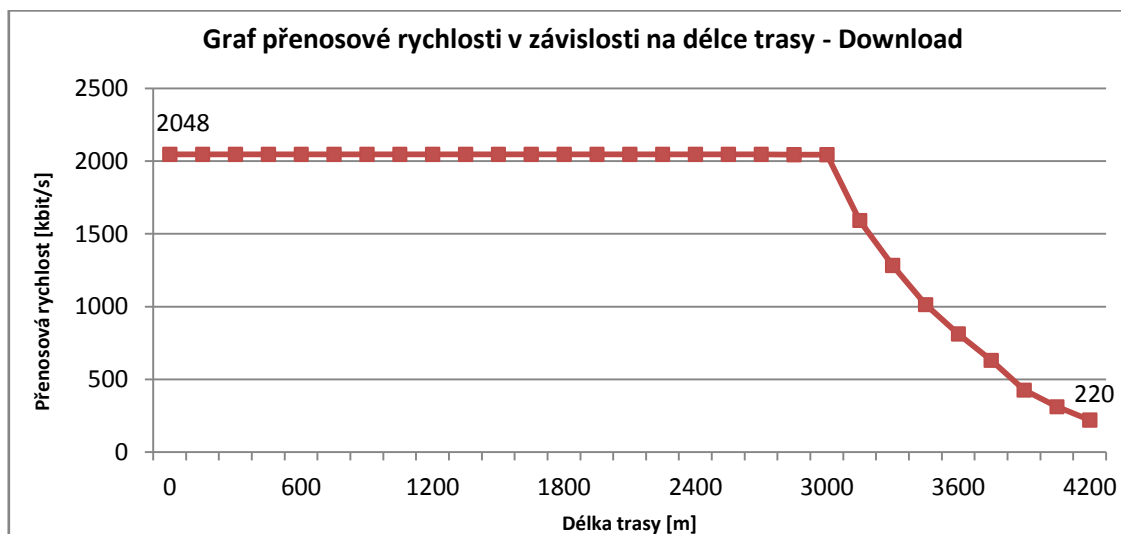
Trasa	Upload [kbit/s]	Download [kbit/s]
1	1024	2048

Grafické vyhodnocení měřené trasy č. 1



Obrázek B.2: *Graf přenosové rychlosti ve směru uploadu*

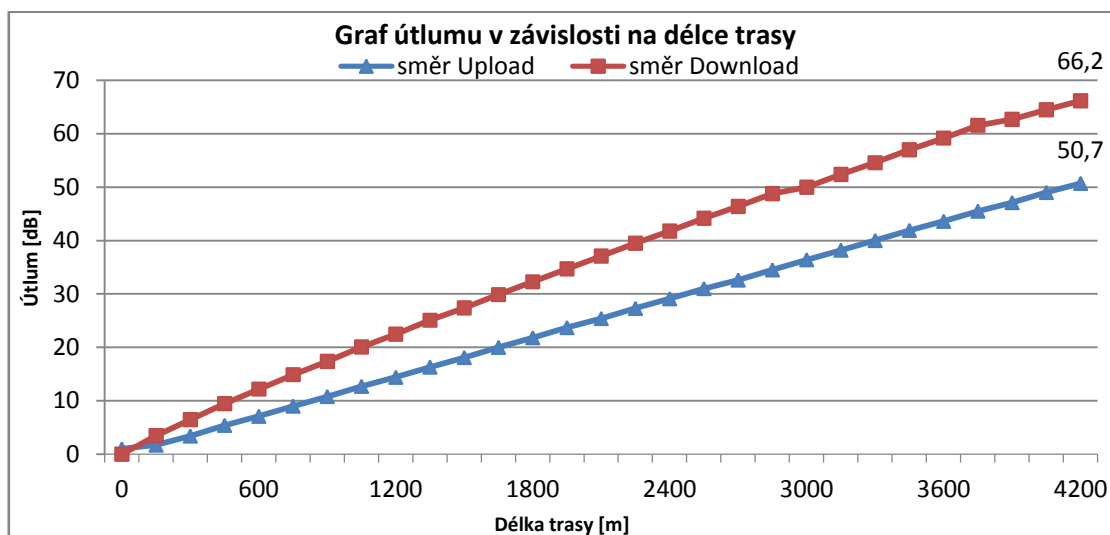
Maximální možná přenosová rychlost, tedy 1024 kbit/s, si držela svou stabilitu do vzdálenosti 2550 m, kde dosahovala hodnoty 1017 kbit/s. Od této délky začala přenosová rychlost uploadu pozvolna klesat až k rychlosti 397 kbit/s. Tato rychlost byla naměřena v délce 4200 m, která byla posledním možnou změřenou vzdáleností.



Obrázek B.3: Graf přenosové rychlosti ve směru downloadu

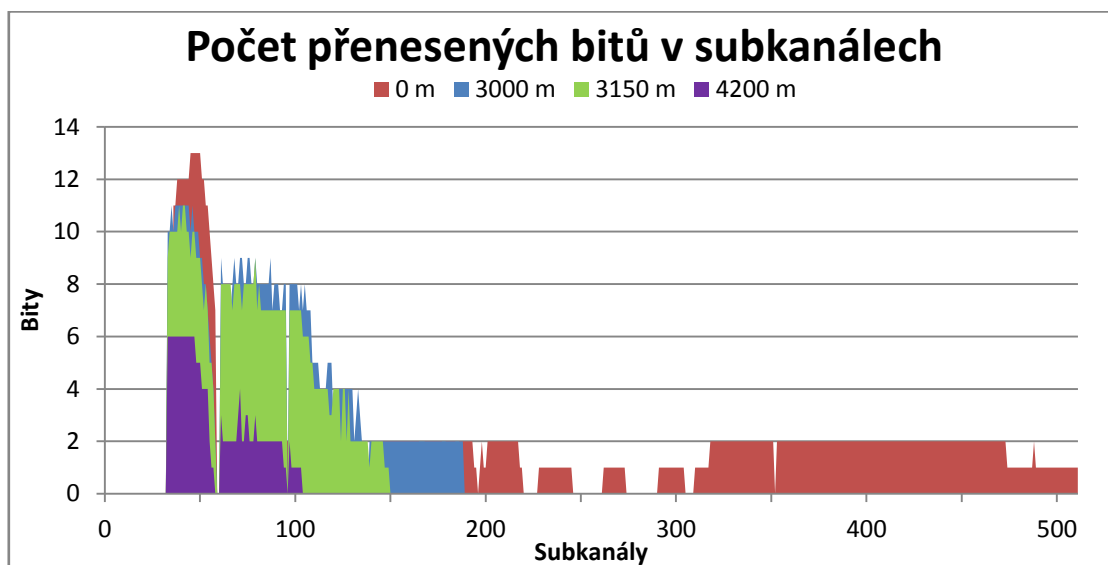
Graf (obrázek B.3) informuje o maximální přenosové rychlosti downloadu, která si udržuje své maximum do délky 3000 m. Přenosová rychlost dosahuje 50 % své přenosové kapacity ve vzdálenosti 3450 m od DSLAMu poskytovatele. V poslední změřené délce, tedy v 4200 m, přenosová rychlost dosahuje hodnoty 220 kbit/s.

Následující obrázek B.4, graficky zobrazuje naměřené hodnoty útlumu.



Obrázek B.4: Graf útlumu v závislosti na délce trasy

Hodnota útlumu se při downloadu zastavila na 66,2 dB, zatímco na straně druhé, ve směru uploadu, dosahoval útlum v posledním měřeném místě, tedy v 4200 m, hodnoty 50,7 dB.



Obrázek B.5: Graf přenesených bitů v subkanálech

Do přehledu přenesených bitů v subkanálech byly vybrány 4 změřené vzdálenosti a to délka 0 m, 3000 m, 3150 m a 4200 m. V měřených vzdálenostech 0 m a 3000 m byla ještě dosažena plná přenosová rychlost downloadu. Při vzdálenosti 3150 m začala přenosová rychlost downloadu poprvé klesat a délka 4200 m je pak posledním měřeným bodem.

Samotný graf (obrázek B.5) pak znázorňuje pohyb přenesených bitů v určitých kanálech, při různých vzdálenostech. Více o přenesených bitech ve směru downloadu se lze dozvědět z následující tabulky (tabulka B.2).

Tabulka B.2: *Vyhodnocení přenosu bitů v subkanálech pro směr download*

	0 m	3000 m	3150 m	4200 m
Nejvyšší počet přenesených bitů	3	9	9	4
Celkový počet přenesených bitů	691	585	455	83
Počet subkanálů přenášející informaci	401	126	88	42

Vyhodnocení naměřených výsledků

V následující tabulce B.3 lze najít podrobné zhodnocení naměřených dat.

Tabulka B.3: *Vyhodnocení trasy č. 1*

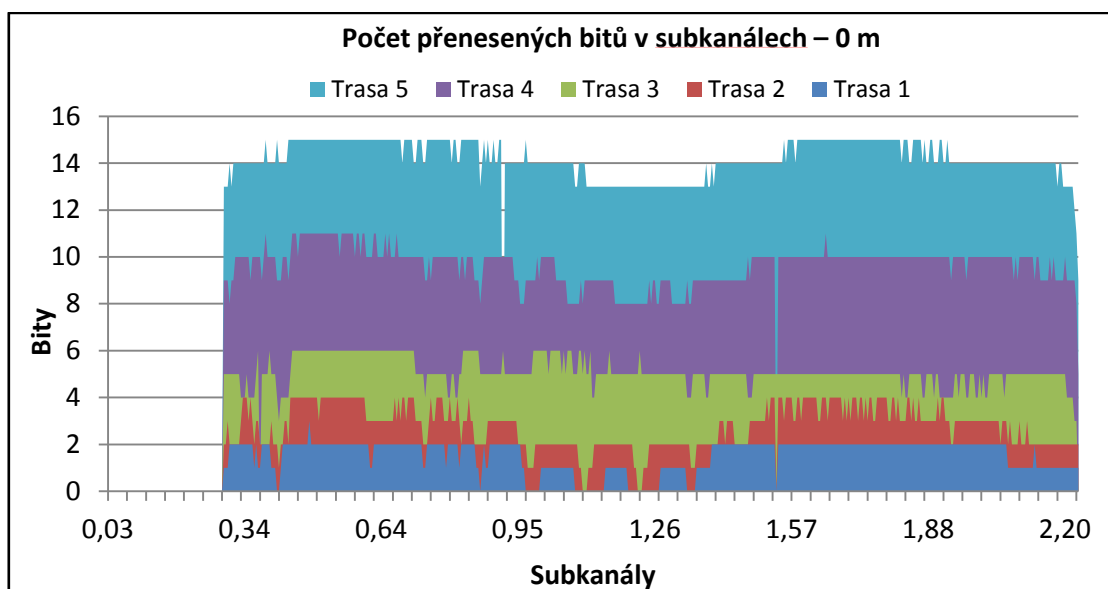
	Upload	Download
Nastavená přenosová rychlost [kbit/s]	1024	2048
Bod zlomu [m]	2700	3150
Poslední naměřená vzdálenost [m]	4200	4200
Poslední naměřená přenosová rychlost [kbit/s]	397	220
Max. hodnota útlumu [dB]	50,7	66,2
Nejvyšší počet bitů přenášených subkanálem	9	
Celkový počet přenesených bitů v 0 m (download)	691	
Počet subkanálů přenášející informaci v 0 m (download)	401	

6. Zhodnocení a závěr

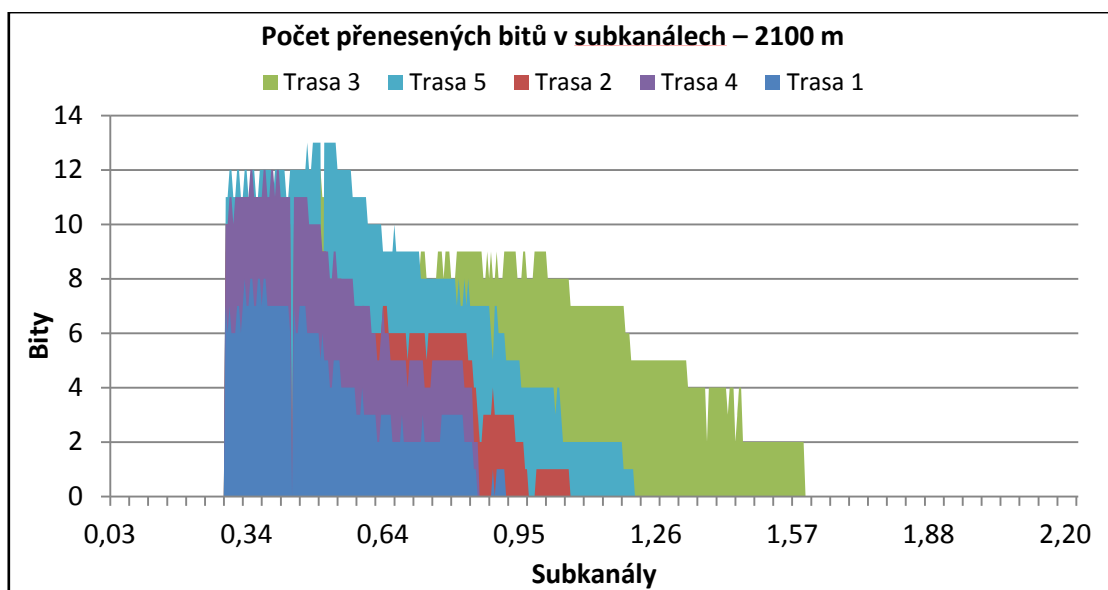
Měření mělo za úkol ověřit maximální možnou vzdálenost pro poskytnutí kvalitního připojení na účastnické straně ADSL vedení. Z jednotlivých výsledků lze vyčíst, že vzdálenost má bezesporu velký vliv na dosah a kvalitu služby.

Zvolená trasa č. 1, s nastavenými přenosovými rychlostmi 1024/2048 (upload/download) kbit/s dosáhla až do vzdálenosti 4200 m. V této vzdálenosti byla také naměřena poslední přenosová rychlost 397/220 kbit/s, což je v praxi takřka nepoužitelné. S klesající přenosovou rychlostí jsou spojeny i přenesené bity v jednotlivých subkanálech. Zatímco v 0 m přenesly subkanály ve směru downloadu až 691 bitů, v posledním měřeném bodě jen 83. Hodnoty útlumu rostly s každým měřeným krokem. V poslední měřené délce dosahovaly hodnot 50,7 a 66,2 dB.

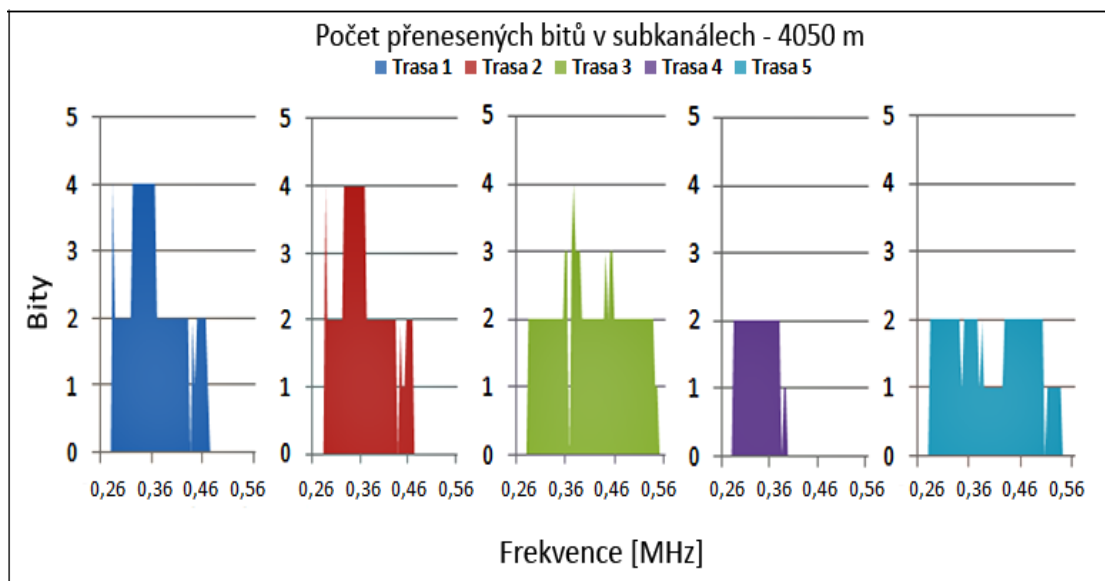
Příloha C: Grafické zobrazení přenesených bitů v subkanálu v závislosti na frekvenci



Obrázek C.1: Graf přenesených bitů v subkanálech v závislosti na frekvenci – 0 m



Obrázek C.2: Graf přenesených bitů v subkanálech v závislosti na frekvenci – 2100 m



Obrázek C.3: Graf přenesených bitů v subkanálech v závislosti na frekvenci – 4050 m